Phys. sp. 186 uc
Dub

DIE ANWENDUNG

DES

ELEKTROMAGNETISMUS

MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG

DER NEUEREN TELEGRAPHIE

UND DEN IN DER DEUTSCHEN TELEGRAPHENVERWALTUNG BESTEHENDEN TECHNISCHEN EINRICHTUNGEN.

VON

DR. JULIUS DUB.

ZWEITE

VOLLSTÄNDIG NEU BEARBEITETE UND UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER FORTSCHRITTE DER WISSENSCHAFT ERGÄNZTE AUFLAGE.

MIT MEHR ALS 400 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN.

BERLIN 1873.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER.

Monbijouplatz 3.

109 D

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Vorrede zur ersten Auflage.

Das vorliegende Werk hat den Zweck, die bisher vom Elektromagnetismus gemachten technischen Anwendungen im Zusammenhange darzustellen und physikalisch zu begründen.

Obgleich zwar die gleich nach der Entdeckung des Elektromagnetismus in Bezug auf seine Anwendbarkeit gehegten Hoffnungen in mancher Beziehung getäuscht worden sind, so ist doch die Zahl der jetzt in Anwendung befindlichen elektromagnetischen Apparate nicht gering, und ihre Kenntniss für jeden Techniker, wie überhaupt für jeden Gebildeten besonders deshalb nothwendig, weil zu ihnen auch die Einrichtungen gehören, welche unzweifelhaft den grössten Fortschritt dieses Jahrhunderts bedingen.

Um dem Leser, welcher nicht Physiker ist, eine klare Einsicht in die Einrichtung der beschriebenen Apparate zu gewähren, ist dieser Beschreibung die Entwickelung der wichtigsten Sätze aus der Lehre von der Elektricität und dem Magnetismus vorausgeschickt, so dass durch das vorangegangene Studium dieses Theiles des Buches alle später besprochenen Vorrichtungen leicht ihre wissenschaftliche Begründung finden.

Damit das wesentliche der beschriebenen Apparate in das rechte Licht trete, und der Leser nicht durch umständliche Beschreibung unwesentlicher Theile ermüdet oder verwirrt werde, ist theils bei später besprochenen Vorrichtungen zur Vermeidung von Wiederholungen auf frühere zurückverwiesen, theils ist die Beschreibung mechanischer Vorrichtungen, wie z. B. die der oft zur Anwendung kommenden Uhrwerke, übergangen. Ihre Einrichtung wird zum Theil aus den beigefügten Abbildungen klar, zum Theil kann sie als bekannt vorausgesetzt werden.

Ausser der Beschreibung der jetzt in Anwendung befindlichen und als zweckmässig erachteten elektromagnetischen Apparate ist Behufs der Förderung einer klaren Einsicht in die Wirksamkeit des Elektromagnetismus einerseits derjenigen Apparate Erwähnung geschehen, welche bis jetzt nur zum Gebrauch vorgeschlagen sind, aber erst nach Entfernung der noch hinderlichen Mängel Aussicht auf Erfolg gewähren, andererseits ist dem Ganzen eine übersichtliche Zusammenstellung der nach den verschiedenartigsten Principien construirten Modelle elektromagnetischer Motoren beigefügt, welche ebenfalls mehr theoretische, als praktische Wichtigkeit haben.

Zur Erlangung so manchen Aufschlusses in technischer Beziehung, so wie zur möglichst befriedigenden Herstellung des Werkes ist mir von allen Seiten die bereitwilligste Unterstützung zu Theil geworden, und ich fühle mich verpflichtet hiermit besonders den Herren Direktor Chauvin, Baurath Borggreve, Dr. Siemens, Dr. Kramer, Dr. Brix, Dr. Dumas, Inspektor Rother und Inspektor Wehrhahn dafür meinen innigen Dank auszusprechen.

Der Werke, welche bei der Darstellung benutzt worden sind, geschieht an den betreffenden Stellen unter genauer Angabe des Citats die nöthige Erwähnung.

Im April 1863.

Julius Dub.

Vorrede zur zweiten Auflage.

Die neue Auflage verfolgt bei Zusammenstellung des Stoffes, wie bei der Auswahl der einzelnen zu beschreibenden Apparate dasselbe Princip, welches bei Herstellung der ersten Auflage massgebend gewesen ist.

Die grösste Vermehrung hat das Buch in den Abschnitten über die Telegraphie erfahren, weil eben in diesem Zweige der Anwendung des Elektromagnetismus die meisten Verbesserungen in der neuesten Zeit stattgefunden haben. Daher hat denn auch diese neue Auflage so günstige Aufnahme unter den Sachverständigen der elektromagnetischen Telegraphie gefunden, und ihrer Unterstützung verdankt das Buch die möglichst vollständige Ausstattung dieses Theiles desselben.

Ich selbst fühle mich besonders der kaiserlich deutschen General-Direktion der Telegraphen zu Danke verpflichtet, welche sowohl durch die Erlaubniss zur Benutzung aller Behufs möglichster Vervollständigung der Beschreibungen nöthigen Apparate, so wie durch Empfehlung des Werkes an die Beamten dasselbe gefördert hat.

Indem ich der kaiserlichen General-Direktion hiermit meinen ergebensten Dank ausspreche, kann ich nicht unterlassen, auch noch denjenigen Herren zu danken, welche mich durch ihren Rath bei der Herstellung des Werkes freundlichst und unter erheblichen Opfern an Zeit unterstützt haben. Unter diesen steht der Herr Telegraphen-Sekretär Grawinkel oben an, dem sich die Herren Dr. Siemens und Oberingenieur Frischen anschliessen.

Im April 1873.

Julius Dub.

Inhaltsverzeichniss.

I. Abschnitt.

Die Elektricität.

		Seite
§ 1.	Die Reibungselektricität	3
	1. Die Elektricität	3
	2. Positive und negative Elektricität	4
	3. Leiter der Elektricität	5
	4. Elektrische Vertheilung	6
	5. Die Elektrisirmaschine	7
	6. Das Elektrometer	10
	7. Die Hydro-Elektrisirmaschine	12
	8. Die gebundene Elektricität	13
	9. Der Elektrophor	14
	10. Der Condensator	15
	11. Die Franklin'sche Tafel	17
	12. Die Ladungsflasche oder Leydener Flasche	19
	13. Die Luftelektricität	21
§ 2.	Der Galvanismus	24
	1. Galvani's Beobachtung	24
	2. Volta's Fundamentalversuch	25
	3. Volta'sche Säule	28
	4. Wirkungen der galvanischen Säule	29
	a. Die Wärmeerregung des galvanischen Stromes	29
	b. Die chemische Zersetzung	30
	c. Die Erregung des Magnetismus	32
	d. Die physiologischen Wirkungen der Säule	32
	5. Die elektromotorische Kraft	33
	6. Der Widerstand der Säule	33
	7. Der Uebergangswiderstand	34

Seite
8. Die Polarisation . 35
9 Die Arten der galvanischen Säule 35

§ 3. Die galvanischen Säulen.
A. Inconstante Säulen.
1. Der Trogapparat 36
2. Die Wollaston'sche Batterie 36
3. Amalgamirtes Zink 37
B. Constante Säulen.
4. Die Daniell'sche Säule 38
5. Die Kette von Siemens und Halske 41
6. Die Kramer'sche Säule 42
7. Meidinger's Säule 44
8. Die Sandbatterie 45
9. Die Erdbatterie 46
10. Grove's Säule . 46
11. Die Bunsen'sche Kette 47
12. Die Zink-Eisensäule 50
13. Die Eisen-Platinsäule 50
14. Die Chromsäure-Kette 51
15. Die Alaun-Batterie 52
16. Die Quecksilber-Batterie 54
17. Die Braunstein-Säule 54

§ 4. Der galvanische Strom.
1. Das Maass des galvanischen Stromes 56
2. Das Ohm'sche Gesetz 58
3. Das Leitungsvermögen der Körper 60
4. Widerstandsmesser oder Rheostaten 62
5. Wheatstone's Differential Widerstandsmesser oder die Wheatston'sche Brücke . 65
6. Die Widerstandsrollen 66
7. Das Leitungsvermögen verschiedener Körper 69
8. Einheit des Widerstandes 71
9. Das Bestimmen der elektromotorischeu Kraft 72
10. Die vortheilhafteste Verbindung mehrerer Elemente 77
11. Die Stromverzweigung 81

II. Abschnitt.

Magnetismus und Induktion.

§ 1. Der Stahlmagnetismus.
1. Magnetismus . 91
2. Gesetz der Anziehung und Abstossung 92
3. Theorie des Magnetismus 94
4. Die Vertheilung des Magnetismus im Magneten 95
5. Magnetisirung . 97

Seite
6. Der Hufeisenmagnet und das magnetische Magazin 98
7. Astatische Nadeln . 99

§ 2. Der Elektromagnetismus.
1. Die Nadelablenkung durch den galvanischen Strom 101
2. Wirkung eines geradlinigen Stromes 102
3. Wirkung eines Kreisstromes 102
4. Die Tangentenbussole 103
5. Die Sinusbussole 106
6. Die Sinus-Tangentenbussole 107
7. Der Multiplicator 109
8. Das Universalgalvanometer 111
9. Der selbstthätige Stromregulator 121
10. Der Elektromagnet 125

§ 3. Gesetze der Magnetisirung der Eletromagnete.
1. Der Sättigungszustand 128
2. Die magnetisirende Kraft 129
3. Die Dimensionen des Eisenkerns 133
4. Gesetze der Magnetisirung 136
5. Einfluss der Form des Magnetkerns in Bezug auf seinen Querschnitt 137
6. Einfluss der Wärme auf den Magnetismus 138

§ 4. Die Induktions-Elektricität.
1. Volta-Induktion . 139
2. Gesetze der Volta-Induktion 141
3. Induktionsströme durch Reibungselektricität 142
4. Magneto-Induktion 143
5. Die Gesetze der Magneto-Induktion 143
6. Die Magneto-Induktionsmaschine 147

§ 5. Ueber das Entstehen und Verschwinden des Magnetismus.
1. Das Verschwinden des Magnetismus in einem geschlossenen Magneten 155
2. Das Schliessen des Magneten 157
3. Das Entstehen des Magnetismus 157
4. Die Coërcitivkraft des Eisens 158
5. Die peripherischen Ströme 159
6. Neuste Beobachtungsresultate 159
7. Erscheinungen der Verzögerung durch den Induktionsstrom . . 160

III. Abschnitt.

Die Telegraphenleitung.

§ 1. Die Erde als Leiter.
1. Die Telegraphenleitung im Allgemeinen 165
2. Die Erde als Leiter der Elektricität 167
3. Die Erde als Reservoir der Elektricität 169

Seite
4. Gründe für die erste Ansicht 170
5. Gründe für die zweite Ansicht 174

§ 2. Die oberirdische Leitung.
1. Der Leitungsdraht 181
2. Die Telegraphenstangen 183
3. Der Isolirkopf 187
4. Der Spannkopf 192
5. Die Erdleitungsstangen 195
6. Eisenbahnschienen als Telegraphenleitung 196

§ 3. Die unterirdische Leitung.
1. Die frühere unterirdische Leitung 197
2. Anwendung des Guttapercha 200
3. Schutz der Guttapercha 201
4. Vergleich der oberirdischen mit der unterirdischen Leitung . . . 203
5. Der Hooper'sche Draht 205
6. Aufsuchung schadhafter Stellen 205

§ 4. Die unterseeische Leitung.
1. Die Telegraphenseile 209
2. Die Legung der Kabel 214
3. Die statische Induktion an unterirdischen und unterseeischen Leitungen . 216
4. Ladungserscheinungen an oberirdischen Leitungen 225
5. Untersuchungen von Varley 226
6. Schadhafte Unterseeleitungen 228
7. Prüfung der Kabel auf ihren Leitungszustand 230
8. Das elektrische Vertheilungsvermögen 233
9. Prüfung beim Legen des Kabels 235
10. Freiwillige Erhitzung von Kabeln 238

§ 5. Das atlantische Kabel
1. Die submarinen Kabel 239
2. Das erste atlantische Kabel 239
3. Das Kabel von 1865 241
4. Das Kabel von 1866 242
5. Aufsuchung und Vervollständigung des Kabels von 1865 . . . 242
6. Gestalt der gegenwärtigen englisch-amerikanischen Kabel . . . 243

§ 6. Die Anwendung von galvanischen Zweigströmen in der Telegraphie.
1. Die Zweigströme 246
2. Strom nach Stationen von gleicher Entfernung 248
3. Zweigströme nach verschieden entfernten Stationen 249
4. Stromvertheilung mittelst der Säule 252
5. Stromregulirung durch Einschaltung künstlicher Widerstände . . 253

IV. Abschnitt.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität und die Störungen des Telegraphendienstes durch atmosphärische Elektricität.

A. Geschwindigkeit des elektrischen Stromes.

Seite

§ 1. Wichtigkeit der Messungen 259

§ 2. Geschwindigkeit der Reibungselektricität.
1. Watson . 260
2. Wheatstone's erster Apparat 261
3. Wheatstone's andere Messmethode 263
4. Die Beobachtung 266

§ 3. Messung der Geschwindigkeit des galvanischen Stromes von Walker.
1. Methode der Untersuchungen 268
2. Fizeau's Beurtheilung dieser Methode 269
3. Art der Berechnung Walker's 270

§ 4. Messung der Geschwindigkeit des galvanischen Stromes von Mitchel.
1. Theoretische Betrachtungen 271
2. Methode der Messung 273

§ 5. Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Fizeau und Gounelle.
1. Der Apparat . 274
2. Methode der Messungen 274
3. Der Versuch . 276
4. Resultate . 277

§ 6. Messung der Geschwindigkeit des galvanischen Stromes von B. A. Gould jun.
1. Die Methode . 278
2. Bedenken gegen die Methode 279
3. Vergleich mit Fizeau und Gounelle's Messungen 281
4. Resultat . 281

§ 7. Messung der Geschwindigkeit des galvanischen Stromes von Guillemin und Burnouf.
1. Methode der Messungen 282
2. Beobachtungen 283

§ 8. Gesetz der Fortpflanzung des Stromes in Telegraphendrähten.
1. Resultate der früheren Untersuchungen 284
2. Beobachtungen an Unterseekabeln 285
3. Ohm's Ansicht 285
4. Resultate . 286

B. Störungen des Telegraphendienstes durch Elektricitätserscheinungen.

Seite

§ 9. Atmosphärische Elektricität.

1. Ursachen des Einflusses der atmosphärischen Elektricität auf die Telegraphenleitungen 289
2. Der Blitzschlag . 289
3. Wirkungen des Blitzes durch Vertheilung 293
4. Wirkungen durch Leitung und Induktion 296

§ 10. Das Nordlicht.

1. Die Erscheinungen 299
2. Ursache der Ströme in den Telegraphendrähten 300
3. Elektricität der Atmosphäre 301
4. Induktionsströme 302
5. Erdströme . 303
6. Vorschläge zu Beobachtungen 304
7. Das Erdbeben . 305

§ 11. Die Blitzableiter.

1. Die Blitzableiter der Telegraphenleitungen 306
2. Steinheil's Blitzableiter 308
3. Meissner's Blitzableiter 308
4. Blitzableiter von Bréguet 311
5. Blitzableiter der früheren preussischen und der österreichischen Telegraphenlinien 313
6. Kerkoff's Blitzableiter 316
7. Blitzableiter der Centraltelegraphenstation in Berlin 317
8. Andere Form von Blitzableitern 320
9. Der Stangenblitzableiter 321
10. Blitzableiter von Bianchi 322
11. Die Blitzableiter im Allgemeinen 324

V. Abschnitt.

Die frühere Telegraphie.

§ 1. Die Telegraphie vor Anwendung des Elektromagnetismus.

1. Ohne Anwendung der Elektricität 329
2. Telegraphie mittelst der Reibungselektricität 329
3. Anwendung des Galvanismus 331
4. Bedenken gegen die Ausführbarkeit 333

§ 2. Vorschläge zu elektromagnetischen Telegraphen.

1. Die Erfinder . 333
2. Vorläufer der Erfindung 334
3. Arten der Telegraphen 335

§ 3. Gauss und Weber.

1. Bericht über den Telegraphen 336
2. Der Telegraphenapparat 337

Seite

§ 4. Steinheil.
1. Der Apparat zur Erzeugung des Stromes 339
2. Der Zeichengeber . 340
3. Die Zeichen . 342
4. Die Leitung . 343
5. Zusammenstellung der Apparate 344

§ 5. Wheatstone und Cooke.
1. Telegraph mit 5 Nadeln 347
2. Der Wecker von Wheatstone 350
3. Das Relais . 352

§ 6. Die späteren Nadeltelegraphen von Wheatstone und Cooke.
1. Der einfache Nadeltelegraph 354
2. Der Apparat empfängt Zeichen 355
3. Der Apparat giebt Zeichen 356
4. Das Alphabet . 357
5. Der Doppelnadeltelegraph 358
6. Die Schrift des Doppelnadel-Telegraphen 360

§ 7. Die Telegraphen mit Uhrwerk von Davy und Wheatstone.
1. Die Zeigertelegraphen 362
2. Der Telegraph von Davy 363
3. Wheatstone's Zeigertelegraph 365

§ 8. Der Zeigertelegraph von Siemens und Halske.
1. Beschreibung . 368
2. Der Wecker . 371
3. Der Commutator . 372
4. Der Stromlauf auf der Station 372
5. Der Umschalter . 374

§ 9. Der Zeigertelegraph von Bréguet.
1. Der Zeichenmacher 377
2. Der Zeichengeber 378
3. Verbindung der Stationen 381
4. Telegraph mit Stromwechsel 383

§ 10. Der Zeigertelegraph von Kramer.
1. Die äussere Ansicht 384
2. Die innere Einrichtung 386
3. Der Weckermagnet 389
4. Der Ruhestrom . 392

§ 11. Der Zeigertelegraph von Froment.
1. Die Zeigertelegraphen 394
2. Froment's Zeichenmacher 394

Seite

§ 12. Die Induktionszeigertelegraphen von Wheatstone und Stöhrer.
1. Die magneto-elektrischen Telegraphen 396
2. Wheatstone's Induktionszeiger 397
3. Induktionszeigertelegraph von Stöhrer 399

§ 13. Der Induktionszeiger von Siemens und Halske 401

VI. Abschnitt.

Die jetzige Telegraphie.

§ 1. Der Telegraph von Morse.
1. Die Erfindung . 409
2. Der frühere Telegraph 410
3. Morse's Apparat mit Schreibhebel 411
4. Die Stromleitung 412
5. Der Schreibapparat 414
6. Der Schlüssel oder Taster 416
7. Die Stromleitung 417
8. Das Relais . 418
9. Leitende Verbindung der Apparate unter einander 420
10. Das Galvanoskop 421
11 Der Stromwender 423
12. Morse's Schrift 426
13. Geschwindigkeit des Morse'schen Telegraphen 430

§ 2. Die Stromleitung auf den Stationen bei Anwendung Morse'scher Apparate.
1. Die Stromleitung auf der Linie 431
2. Zwei Endstationen 433
3. Die Zwischenstationen 434
4. Der Umschalter von Nottebohm 436
5. Der Umschalter von Borggreve 438
6. Die Theilung der Linienbatterie 441
7. Linienumschalter von Nottebohm und Borggreve 442
8. Die Gewitterstellung 444
9. Der Linienumschalter 445
10. Die Uebertragung 446
11. Vollständige Stromleitung auf einer Uebertragungsstation . . . 449

§ 3. Abänderungen der beim Morse'schen Telegraphen angewandten Apparate.
1. Das Relais
a. Relais mit liegendem Magneten 454
b. Das Relais von Hipp 455
c. Das polarisirte Relais von Siemens und Halske 455
d. Das Relais von Marcus 457
e. Verbesserung der Relais überhaupt 459

Seite

2. Der Schreibapparat.
 a. Der Brabender'sche Hebel 460
 b. Der Papierhalter 462
 c. Der Magnethalter und die Kerne 463
 d. Die Selbstauslösung 464
 e. Morseschreiber mit Federwerk 466
 f. Der neuste Schreibapparat von Morse 466

§ 4. Apparate zum Gebrauch bei Ladungsströmen.
1. Nothwendigkeiten derselben 468
2. Der Submarinschlüssel von Siemens und Halske 469
3. Taster und Relais von Varley 472
4. Stromleitung auf der Station 474
5. Die Uebertragung 476

§ 5. Der Farbschreiber.
1. Die Farbschrift 478
2. Der Farbschreiber der Gebrüder Digney 478
3. Der Farbschreiber von Siemens und Halske 479
4. Uebertragungen für submarine Leitungen 484
5. Der vollständige Submarinapparat 487
6. Der Farbschreiber von Wernicke 489
7. Vorrichtung von Guillemin 492
8. Morseapparate mit Ruhestrom 493
9. Uebertragung beim Ruhestrom 496
10. Stromlauf bei der Uebertragung mit Ruhestrom ohne Relais . . 501
11. Uebertragung mit Arbeitsstrom auf einer Station ohne Relais . . 505
12. Arbeitsstromleitung auf einer Zwischenstation ohne Relais unter Anwendung von Widerständen 508

§ 6. Schreibtelegraphen ausser dem von Morse.
1. Der Magnetinduktionsschlüssel 511
2. Der Induktionsschreibtelegraph von Siemens und Halske . . . 513
3. Der Doppelstiftapparat von Stöhrer 514
4. Der Telegraph von Froment 516
5. Apparate des indoeuropäischen Telegraphensystems von Siemens und Halske 518

§ 7. Die Typentelegraphen.
1. Der magnetoelektrische Telegraph von Siemens und Halske . . 525

VII. Abschnitt.

Die jetzige Telegraphie.

Fortsetzung.

§ 1. Der Typendrucktelegraph von Hughes.
Allgemeines.
1. Das Gangwerk 534
2. Die Klaviatur mit dem Läufer und der Stiftscheibe 534

Seite
3. Der Elektromagnet . 540
4. Das Druckwerk und die Papierbewegung 543
5. Die Typenscheibe . 544
6. Die Arretirung . 546
7. Der Stromlauf im Apparat 548
8. Günstige Einrichtung für den Stromlauf 551
9. Regulirung und Bedienung der Apparate 552
10. Das konische Pendel 553
11. Geschwindigkeit des Apparates 554
12. Automatischer Umschalter für die Uebertragung von G. Jaite . . 556
13. Uebertragung mittelst des Hughes'schen Telegraphen von G. Jaite 558
14. Uebertragung am Hughes'schen Telegraphen mittelst polarisirter Relais . 568
15. Vergleich der Telegraphen von Morse und Hughes 570

§ 2. Das automatische Telegraphensystem von Siemens.
1. Die Mittellochreihe 572
2. Der Handschriftlocher 573
3. Der Versendungsapparat 575

§ 3. Das automatische Telegraphensystem von Wheatstone.
1. Der Geber des automatischen Systems 579
2. Die Hebelvorrichtungen am Geber 580
3. Der Stromlauf des Gebers 585
4. Der Taster von Maron 591
5. Die Uebertragung mittelst dieses Tasters 593

§ 4. Der Telegraph von Jaite.
1. Der eigentliche Apparat 595
2. Der Stromlauf . 598
3. Arbeit des Stromes 600
4. Die Uebertragung 602
5. Die Schrift des Jaite'schen Telegraphen 603

§ 5. Die submarine Telegraphie.
1. Telegraphie ohne Elektromagnete 607
2. Benutzung eines schwächeren Stromes 608
3. Die Spiegelablesung 609
4. Die Anwendung des Condensators 610
5. Die Einrichtung der Stationen des atlantischen Kabels 613

§ 6. Die elektrochemischen Telegraphen.
1. Erste Einrichtung der chemischen Telegraphen 614
2. Der Telegraph von Bain 616
3. Der Telegraph von Bakewell 619
4. Gintl's elektrochemischer Telegraph 620
5. Der Pantelegraph von Caselli 623
6. Der chemische Telegraph von Bonelli 624
7. Der elektromagnetische Copirtelegraph von Lenoir 625

Seite

§ 7. Das Gegen- und Doppelsprechen.
1. Ströme in entgegengesetzter Richtung 626
2. Gintl's Einrichtung für elektromagnetische Apparate 628
3. Gintl's Verfahren bei chemischen Telegraphen 630
4. Gegensprechvorrichtung von Siemens und Halske, so wie von Frischen . 633
5. Hinderniss des Gegensprechens 637
6. Das Doppelsprechen nach Stark's Methode 638
7. Das Doppelsprechen nach einer anderen Methode 644
8. Doppelsprechmethode von Kramer 647
9. Doppelsprechmethode von Bosscha 650

VIII. Abschnitt.

Elektromagnetische Apparate zur Sicherheit für Eisenbahnzüge.

§ 1. Eisenbahnläutewerke.
1. Die Läutewerke . 653
2. Kramer's Läutewerk 653
3. Läutewerk von Siemens und Halske 655
4. Der Thürcontakt als Stationswecker von Siemens und Halske . . 657
5. Der Läuteinduktor von Siemens und Halske 658

§ 2. Telegraphen zur Sicherheit für die Eisenbahnzüge.
1. Tragbarer Telegraph 659
2. Unbewegliche Apparate 660
3. Der Apparat von Regnault 661
4. Apparat von Steinheil 666
5. Morsecorrespondenz durch Stromvermehrung bei Verwendung von Signalleitungen mit Ruhestrom 668
6. Telegraph der Eisenbahnzüge 672
7. Morse'scher Apparat mit Ruhestrom zu Hülfssignalen 673

§ 3. Die Blocksignalapparate.
1. Fixirung der gegebenen Zeichen 681
2. Der Blockapparat 681
3. Fixirung der Weichen 685

§ 4. Automatische Telegraphenapparate.
1. Einrichtung von Bréguet 686
2. Bellmare . 687
3. System von Tyer de Dalton 688
4. System von Du Moncel 689
5. System von Fernandez de Castro 693
6. Der elektromagnetische Zaum von Achard 697
7. Elektromagnetischer Controllapparat für Eisenbahnen von Hipp . 699

IX. Abschnitt.

Die Anwendung des Elektromagnetismus bei der Zeitmessung.

Seite

§ 1. Der Zeittelegraph.
1. Die Uhrenregulirung 703
2. Steinheil's System 703
3. Wheatstone's System 706
4. Das elektromagnetische Pendel von Lamont 707
5. System von Bain 711
6. System von Garnier 711
7. System von Siemens und Halske 713
8. System von Kerikuff 714
9. System von Du Moncel 716
10. Die Einrichtung der Zeittelegraphie 719

§ 2. Elektromagnetische Uhren.
1. Der Gang der Uhren 722
2. Uhr von Bain 722
3. Uhren von Weare 724
4. Nachtheil dieser Einrichtungen 726
5. Uhr von Kramer 727
6. Die elektromagnetischen Uhren 732

§ 3. Chronoskope.
1. Chronoskop von Wheatstone 732
2. Chronoskop von Hipp 734
3. Chronoskop von Bréguet und Konstantinoff 737
4. Chronograph von Martin de Brettes 739
5. Chronoskop von Gloesener 742
6. Chronoskop von Navez 744
7. Methode der Zeitmessung von Koosen 749
8. Die elektromagnetischen Chronoskope im Allgemeinen 752

§ 4. Elektromagnetische Chronographen für astronomische Zwecke.
1. Elektro-Chronograph von Locke 754
2. Die Stromschliessung 755
3. Registrirapparat von Krille 756
4. Registrirapparat von Lamont 757
5. Telegraphische Bestimmung der Längendifferenz 759

X. Abschnitt.

Elektromagnetische Apparate zu verschiedenen Zwecken.

§ 1. Beobachtungs- und Registrirapparat zu meteorologischen Zwecken.
1. Telegraphisches Thermometer von Wheatstone 763
2. Meteorologischer Beobachter von Wheatstone 764

Seite

3. Barometrograph und Psychrometrograph von Jelinek 766
4. Automatischer Barometrograph und Thermometrograph von Montigny . 767
5. Der elektromagnetische Barometrograph von Hardy 770
6. Elektromagnetisches Anemometer von Du Moncel 772
7. Elektrochemisches Anemometer von Salleron 776

§ 2. Elektromagnetische Apparate zu anderen wissenschaftlichen Zwecken.
1. Foucault's Pendel 777
2. Elektromagnetisches Seismometer von Palmieri 780
3. Elektromagnetisches Sphärometer von Du Moncel 781
4. Der elektromagnetische Wasserstandszeiger von Siemens und Halske 782

§ 3. Die elektromagnetischen Kohlenlicht-Regulatoren.
1. Das elektrische Licht 784
2. Der Kohlenlicht-Regulator von Saite 785
3. Der Kohlenlicht-Regulator von Stöhrer 788
4. Der Kohlenlicht-Regulator von Dubosq 789
5. Der Kohlenlicht-Regulator von Serrin 790
6. Der Kohlenlicht-Regulator von Wartmann 792
7. Der Kohlenlicht-Regulator von Siemens 794

§ 4. Der elektromagnetische Webstuhl.
1. Die Jaquard-Maschinen 796
2. Bonelli's Webstuhl 799
3. Verbesserung von Hipp 806
4. Resultat. 808

§ 5. Der elektrische Distanzmesser.
1. Das Princip . 808
2. Die mechanische Einrichtung 810
3. Die elektromagnetische Einrichtung 811
4. Anwendung des Apparates 812

XI. Abschnitt.

Versuche zur Anwendung des Elektromagnetismus als Triebkraft.

1. Magnetanziehung.

§ 1. Anwendung eines Stahlmagneten.
1. Die elektromagnetischen Motoren 817
2. Die erste elektromagnetische Maschine 818
3. Ritchie's Maschine 820
4. Maschine von d'Heureuse 820

§ 2. Der Erdmagnetismus wirkt statt des Stahlmagneten.
1. Maschine von v. Kramer 822
2. Zweite Maschine von v. Kramer 823
3. Maschine für jede beliebige Stellung der Magnete 824

Seite

§ 3. Zwei Eletromagnete wirken auf einander ohne sich zu berühren.
1. Maschine von Jacobi 827
2. Die Gegenströme . 828
3. Andere Hindernisse der Kraftäusserung 829
4. Anwendung der Maschine 830
5. Maschine von Vorsselmann de Heer 830

§ 4. Die Magnete kommen zur Berührung.
1. Maschine von Grüel 832
2. Maschine von Zöllner 833

2. Spiralenanziehung.

§ 5. Gerade Stäbe als Magnetkerne.
1. Maschine von Stöhrer 835
2. Maschine von d'Heureuse 838
3. Maschine von Page 841
4. Vorzüge der Maschine 842
5. Diese Maschine im Grossen 843
6. Maschine von Du Moncel 844

§ 6. Der Glockenmagnet.
1. Maschine von d'Heureuse und Dub 845
2. Die Commutation 846
3. Der Gyrotrop von Wettin 849
4. Verhältniss der Kraft zum Verbrauch 851

§ 7. Theorie der elektromagnetischen Motoren.
1. Die Kraft der Magnete 853
2. Die Induktionsströme 853
3. Struktur und Form der Magnete 854
4. Bewegende Arbeit und die Widerstandsarbeit 854
5. Maximum der Arbeit 854
6. Abhängigkeit der Elemente der Arbeit vom Maximum 855
7. Die Uebertragungsmittel 855
8. Die Construktion der Säule 855
9. Der ökonomische Effekt 856
10. Die Gränze der mechanischen Arbeit 856
11. Strom der ruhenden und der in Bewegung befindlichen Maschine 856

I. Abschnitt.

Die Elektricität.

§ 1.

Reibungselektricität.

1. Die Elektricität. Alle Körper zeigen, wenn man sie gerieben hat, die Eigenschaft, andere Körper anzuziehen. Diese Eigenschaft ward schon im Alterthum am Bernstein (elektron) entdeckt, und da die Alten — sogar grundsätzlich — nicht experimentirten, und man lange nachher diesem Vorbilde folgte, so blieb diese einfache Beobachtung der Anziehungskraft des geriebenen Bernsteins, so wie einiger anderer Körper, zwei Jahrtausende lang die einzige Thatsache, die man auf dem Gebiete kannte, das jetzt einen so grossen und wichtigen Abschnitt der Physik bildet. Erst William Gilbert fügte im Jahre 1600 den im Alterthum gemachten Beobachtungen neue hinzu[1]). Von ihm rührt das Wort Elektricität her. Nach ihm wurde nun die Zahl der elektrischen Erscheinungen, freilich in sehr langsamem Fortschritte durch neue Forscher vermehrt, unter denen Boyle 1670, Otto von Guericke 1672, Wall 1708, Hawksbee 1709 zu nennen sind. Einen bedeutenden Fortschritt bewirkten die Untersuchungen des Engländers Stephan Gray im Jahre 1728 bis 1731, welcher nachwies, dass die Elektricität auf einem langen Faden weiter geleitet werden könne, und dass ein Unterschied zwischen den Körpern hinsichtlich ihrer Leitungsfähigkeit stattfinde. Er machte auch die ersten Versuche, Wasser, Menschen und Thiere durch Mittheilung zu elektrisiren, und beobachtete zuerst das Ausströmen von Feuerbüscheln aus leitenden Spitzen, wenn ihnen die flache Hand genähert wird, so wie dass sogar aus Wasser Funken hervorbrachen. Dieser letzte Versuch brachte ihn im Jahre 1734 auf den Gedanken, „dass die elektrische Kraft, si magnis licet comparare parva, mit der Natur des Donners und Blitzes von gleicher Natur zu sein scheine.“[2]) So mehrten sich die Beobachtungen in Bezug auf die elektrischen Erscheinungen durch die Forschungen der Physiker Du Fay 1733 bis 1737 und Desagulier in Paris 1742, Ludolph 1744 in Berlin, so

[1]) De Magnete, London 1600. Gehler III. pag. 316. [2]) Gehler III. pag. 319.

wie auch durch den Dechanten des Domcapitels zu Cammin in Pommern v. Kleist im Jahre 1745, welcher durch Zufall die nach ihm benannte Flasche entdeckte, bis endlich Benjamin Franklin in Philadelphia 1754 die mannigfaltigen Wirkungen der Elektricität auf eine Theorie zurückführte. Diese von Franklin aufgestellte Theorie hat sich zwar in neuerer Zeit nicht haltbar erwiesen, allein nichtsdestoweniger wurde durch dieselbe doch der Fortschritt in der Wissenschaft bedeutend gefördert.

2. Positive und negative Elektricität. Nach dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaft erklärt man sämmtliche elektrische Erscheinungen aus der Annahme, dass in einem jeden Körper eine unerschöpfliche Menge von Elektricität vorhanden sei. Diese in dem Körper vorhandene Elektricität ist aber nicht gleicher Art, sondern man sieht sich behufs der Erklärung aller Erscheinungen genöthigt, zwei Arten von Elektricität anzunehmen, welche sich gegenseitig anziehen und, sobald es ihnen möglich wird sich zu vereinigen, sich so vollkommen neutralisiren, dass, wenn beide Arten in gleicher Menge vorhanden sind, sie nach aussen hin ganz wirkungslos erscheinen. Da nun im gewöhnlichen Zustande an den Körpern keine Elektricität beobachtet wird, so müssen wir annehmen, dass eben in diesem Zustande beide Elektricitätsarten in gleicher Menge vereinigt im Körper vorhanden sind.

Das Elektrisiren besteht also darin, die beiden Elektricitäten frei zu machen, sie von einander zu trennen.

Das Reiben ist eines der Mittel, die in einem Körper vorhandenen Elektricitäten von einander zu trennen. Die Erfahrung hat nun gelehrt, dass das Reiben eines Körpers mit verschiedenen anderen nicht gleichen Erfolg hat. Im Allgemeinen entsteht zwar durch das Reiben verschiedener Körper immer ein wahrnehmbarer elektrischer Zustand, allein die Menge der getrennten Elektricitäten ist je nach dem Reibungsmittel sehr verschieden. Durch das Reiben nimmt der eine der geriebenen Körper die eine, der andere die andere Art der Elektricität an. In dieser Beziehung scheiden sich die Körper in zwei grosse Gruppen, je nachdem sie bei Reibung mit einem bestimmten andern Körper die eine oder andere der beiden Arten von Elektricität wahrnehmbar machen.

Wegen ihrer einander neutralisirenden Eigenschaften hat man von den beiden Elektricitätsarten die eine positiv, die andere negativ genannt. Zu den Körperpaaren, welche bei ihrer Reibung mit einander besonders grosse Mengen von Electricität trennen, gehören Glas und

und Amalgam, so wie Harz und Pelz. Diese beiden Körperpaare zeigen den eigenthümlichen Unterschied, auf den wohl zuerst du Fay[1]) aufmerksam gemacht hat, dass, während das Glas die eine Art von Elektricität beim Reiben annimmt, das Harz die entgegengesetzte festhält. Man hat nun die am Glas festgehaltene Elektricität die positive und die in dessen Reibzeug zurückgebliebene die negative genannt. Diese negative bleibt auch am Harz, während die positive durch den Pelz weggeführt wird. Aus diesem Grunde nennt man auch die positive Elektricität — Glaselektricität, und die negative — Harzelektricität.

Wir dürfen hierbei nicht ausser Acht lassen, dass die Körper sich nicht in der Weise streng von einander scheiden, dass ein bestimmter Körper unter allen Umständen, und bei jedem beliebigen Reibzeuge dieselbe Elektricität gebe. So ist z. B. bekannt[2]), dass Glas mit manchen Thierfellen, besonders Katzenfell gerieben, ferner mit Diamant, und im Allgemeinen allen Edelsteinen, die es an Härte übertreffen, negativ wird, ebenso dass matt geschliffenes Glas sowohl mit den genannten Körpern als auch mit Wolle, Holz und Harzen dieselbe Eigenschaft erhält. Wir sehen hieraus, dass die Art der Elektricität, die ein Körper erhält, mit von dem Körper abhängig ist, mit dem er gerieben wird.

3. Leiter der Elektricität. Dass man so lange Zeit die wichtigen Eigenschaften der Körper hinsichtlich der Elektricität nicht kannte, hat zum Theil seinen Grund darin, dass die in ihnen auf so einfache Weise erregte Kraft doch nur schwach ist und sich also meist der unmittelbaren Wahrnehmung entzieht, andererseits aber darin, dass eine grosse Abtheilung der Körper die auf ihrer Oberfläche vorhandene Elektricität nicht behält, wenn nicht besondere Vorsichtsmassregeln angewandt werden. Eine grosse Menge von Körpern hat die Eigenschaft die Elektricität, welche ihnen mitgetheilt oder in ihnen erregt wird, über ihre ganze Oberfläche und wo möglich auch weiter fortzuleiten. Man hat dieselben aus diesem Grunde Leiter genannt. Bei anderen Körpern findet man diese Eigenschaft nur in sehr geringem Grade, und diese nannte man deshalb Nichtleiter oder Isolatoren, weil sie ein Mittel bieten, es zu verhindern, dass die Leiter ihre Elektricität fortführen.

Bei gründlicherer Beobachtung stellt sich jedoch heraus, dass nicht sämmtliche Körper kurz weg in die beiden Gruppen von Leitern und

[1]) Gehler III. pag. 322. [2]) Pogg. Ann. 59 p. 305.

Nichtleitern geschieden werden können, sondern dass sich vielmehr aus sämmtlichen Körpern eine Skala bilden lasse, auf der man von dem am besten leitenden Körper, dem vollkommensten Leiter, bis zu dem am schlechtesten leitenden, dem vollkommensten Nichtleiter, hinabsteigen kann. Freilich lässt sich auch hier eine gleichmässige Stufenfolge nur sehr unvollkommen herstellen. Man scheidet daher in der neuesten Zeit in Leiter, Halbleiter und Nichtleiter und hat in Bezug hierauf folgende Reihe zusammengestellt:

Leiter: Metalle, Kohle, Säuren, Salzlösungen, Pflanzen, Thiere, Leinen, Baumwolle.

Halbleiter: Alkohol, trocknes Holz, Marmor, Papier, Stroh, Eis bei 0°.

Nichtleiter: Trockne Metalloxyde, Fette, Oele, Asche, Phosphor, Kalk, Kautschuk, Kampfer, Federn, Haare, Wolle, Seide, Edelsteine, Glas, Wachs, Schwefel, Harz, Bernstein.[1])

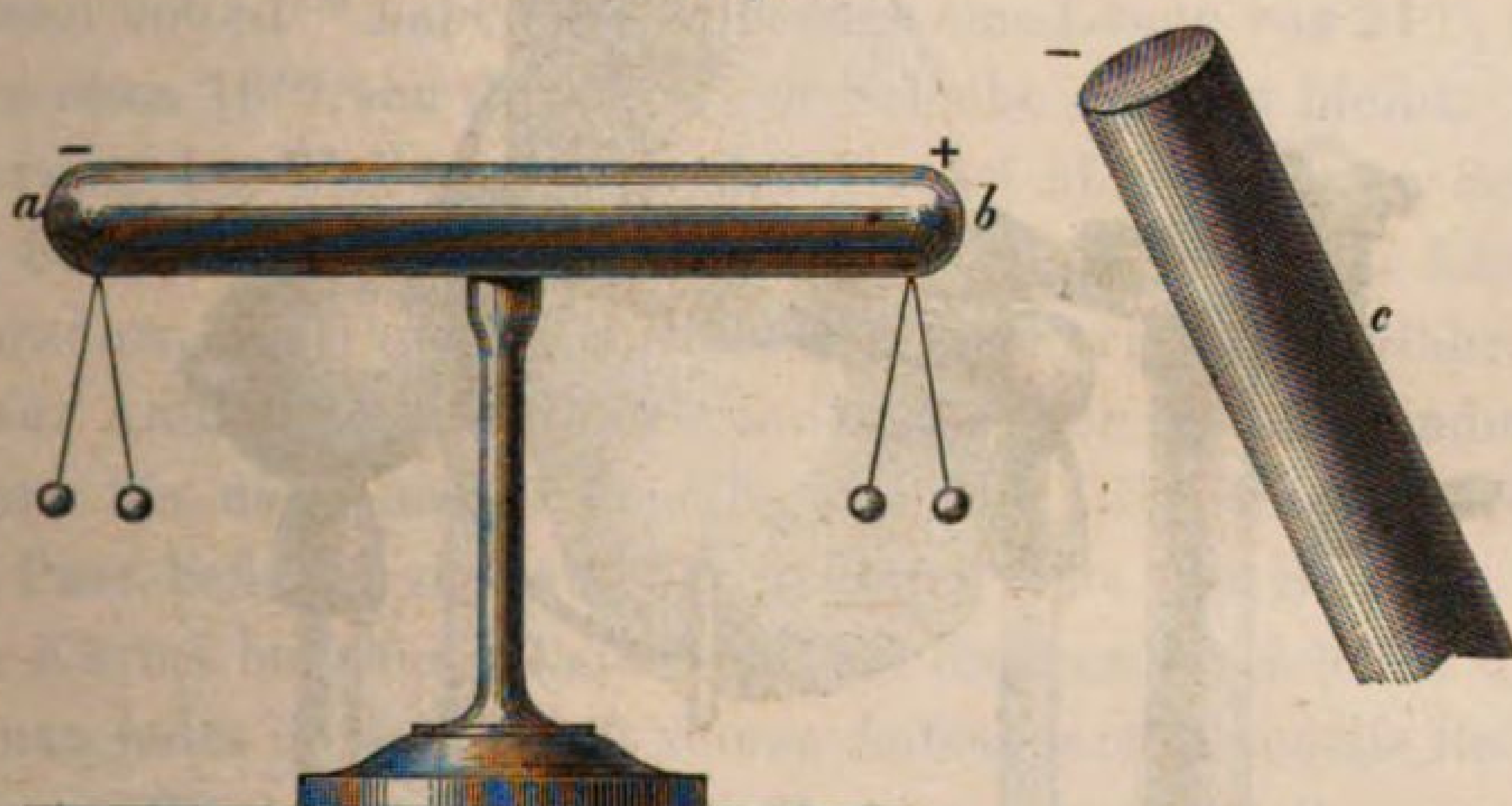
Wenngleich nun wohl ein grösserer Schritt zwischen den einzelnen Abtheilungen als zwischen zwei auf einander folgenden Körpern stattfindet, so steht es doch fest, dass es weder einen Körper giebt, der der Ausbreitung der Elektricität gar keinen Widerstand entgegensetzte, noch einen Körper, dessen Widerstand gegen die Fortpflanzung der Elektricität unendlich gross wäre, d. h. der die Elektricität gar nicht leitete. Wir werden zu dem Verhältniss des Leitungswiderstandes der Körper unter einander später beim Galvanismus zurückkommen, hier sei nur noch bemerkt, dass Riess diese drei Arten der Leiter darnach beurtheilt, ob sie von einem mit Elektricität geladenen Körper diese Elektricität so schnell wegführen, d. h. denselben so schnell entladen, dass die Zeit der Entladung nicht direkt gemessen werden kann, oder ob sie einige Sekunden als Entladungszeit gebrauchen, oder ob sie während einer Minute noch keine Entladung veranlassen.

4. Elektrische Vertheilung. Nähert man einem elektrischen Körper, d. h. einem Körper, auf dem die eine Art der Elektricität (positive oder negative) sich frei befindet, einen anderen mit derselben Elektricität geladenen Körper, so stossen diese beiden Körper einander ab. Hieraus folgt in Verbindung mit dem früher über die entgegengesetzten Elektricitäten Gesagten der allgemeine Satz: Gleiche Elektricitäten stossen sich ab, entgegengesetzte ziehen sich an."

[1]) Riess Elektricität I. pag. 38.

Nähert man nun einem Leiter, der noch nicht elektrisirt ist, einen elektrischen Körper, z. B. eine geriebene Harzstange, so zieht die negative Elektricität derselben die positive Elektricität des Leiters nach der ihr zugewandten Seite und treibt die negative nach der anderen Seite des Leiters. Dies lässt sich dadurch veranschaulichen, dass man an den beiden Enden eines Leiters wie z. B. *a b* Fig. 1 zwei an leitenden Leinenfäden hängende Hollundermarkkügelchen aufhängt, und so zwei Doppelpendel herstellt, welche in der Weise, wie die Figur zeigt, divergiren, sobald dem Leiter der elektrische Körper *c*, den wir mit

Fig. 1.



negativer Elektricität denken wollen, genähert wird. Es sind nämlich dann die Kügelchen bei *a* beide mit negativer und die bei *b* mit positiver Elektricität geladen und stossen sich aus diesem Grunde gegenseitig ab. Dass aber in dem einen Kugelpaare die dem anderen entgegengesetzte Elektricität wirksam ist, davon überzeugt man sich durch das Annähern eines mit der entgegengesetzten freien Elektricität versehenen Körpers. Ein mit freier positiver Elektricität geladener Körper hebt die Divergenz der Kügelchen bei *a*, und ein mit freier negativer Elektricität geladener die bei *b* auf.

5. **Die Elektrisirmaschine.** Als bequemstes Mittel, einen Körper mit freier Elektricität zu laden, dient die Elektrisirmaschine.

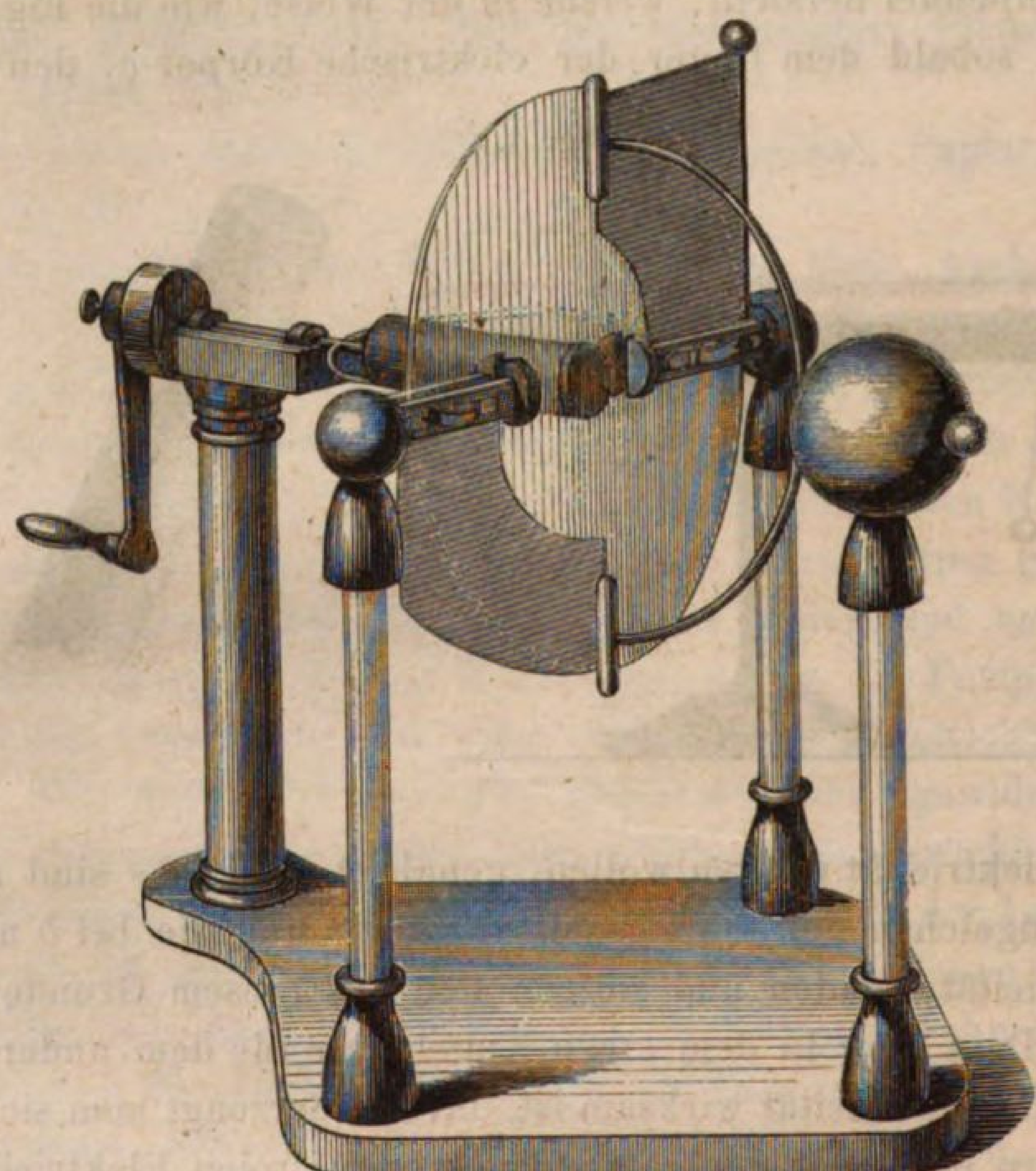
Sie besteht in einer Vorrichtung, bei welcher ein Nichtleiter, gewöhnlich eine Glasscheibe, durch Drehen mittelst eines Amalgams gerieben wird. Die dadurch frei gewordene Elektricität auf der Glasscheibe wird von derselben mittelst einer Metallgabel nach einer isolirten Metallkugel, dem Conductor, geleitet, während die Elektricität des negativ gewordenen Reibzeuges mittelst einer leitenden Kette zum

Erdboden abgeführt wird. Die Haupttheile einer Elektrisirmaschine sind also:

eine Glasscheibe oder ein Glascylinder,
ein Reibzeug und
ein Conductor,

welcher letztere natürlich auf einem isolirenden Ständer stehen muss.

Fig. 2.



Die ersten Anfänge zur Herstellung einer Elektrisirmaschine rühren von Otto v. Guericke, 1612, dem Erfinder der Luftpumpe, her. Er rieb eine mittelst einer Kurbel umgedrehte Schwefelkugel mit der Hand. Das Verdienst, die Elektrisirmaschine in die Experimentalgeräthschaften eingeführt zu haben, gebührt Hausen 1743[1]). Der Zweck dieser Darstellung gestattet nicht, alle verschiedenen Formen von Elektrisirmaschinen zu besprechen, wir geben daher hier die Beschreibung einer der wirksamsten Maschinen, wie sie van Marum im Jahre 1789 hergestellt hat[2]).

[1]) Gehler III. pag. 414. [2]) Gilbert Ann. 23 pag. 302.

Diese Maschine trägt ihre Scheibe frei an dem einen Ende der Drehungsaxe, die auf einer Holzsäule ruht. An der Scheibe befinden sich einander diametral gegenüber zwei Reibzeuge, deren jedes an einer Metallkugel befestigt von einer Glassäule getragen wird. Jedes Reibzeug besteht aus zwei mit Pferdehaaren gestopften Lederkissen, zwischen denen die Scheibe bei der Drehung sich reibt. An diesen Kissen sind, wie die Figur zeigt, Stücke von Wachstafft befestigt, durch welche die Mittheilung der durch die Reibung frei gewordenen Elektricität an die Luft verhindert, und also die vollständigere Zuführung derselben nach dem Conductor bewirkt wird. Bei einem Scheibendurchmesser von 81^{cm} haben die Reibzeuge eine Länge von 24^{cm}, so dass also jedes etwa 16^{cm} von der Mitte der Scheibe entfernt bleibt. In der Verlängerung der Welle, auf der der Kurbel abgewendeten Seite der Scheibe, befindet sich, etwa in einer Entfernung gleich der Länge des Scheibenradius, der Conductor, dessen beide Arme in Halbkreisform mit den zur Aufnahme der Elektricität bestimmten Metallcylindern, den Aufsaugern bis nahe an die Scheibe reichen. Ein diesem Armpaare gleiches Paar befindet sich auf der anderen Seite der Scheibe, in der Nähe der Kurbel befestigt. Beide sind um die Axe der Scheibe drehbar, so dass man jedes derselben mit seinen Aufsaugern gegen die Reibzeuge legen kann. Wird nun das hintere Paar gegen die Reibzeuge gelegt, so stellt man das zum Conductor führende so, dass die Aufsauger sich an den Enden der Tafftstücke befinden, also die beiden Armpaare sich rechtwinklig kreuzen. In dieser Stellung nehmen bei der Drehung der Scheibe die hintern Sauger die negative Elektricität der Reibzeuge, die vorderen die positive Elektricität des Glases auf. Das Umgekehrte findet statt, wenn beide Saugerpaare um einen Quadranten gedreht werden.

Nach der vorn genannten Eigenschaft der Körper, dass sie unerschöpfliche Mengen vereinigter positiver und negativer Elektricität besitzen, welche beim Reiben frei gemacht werden, ist nun der Vorgang beim Drehen der Scheibe der, dass auf der gedachten Scheibe mittelst der Reibung durch die Reibzeuge von der zersetzten Elektricität die positive haften bleibt, während die negative zum Reibzeuge geht.

Würde diese freie negative Elektricität nicht entfernt, so würde sie die später freiwerdende positive Elektricität immer wieder binden und man würde nur so viel freie Elektricität erhalten, als während des Drehens an die Luft abgegeben wird; deshalb müssen die Reibzeuge mit den Boden in leitende Verbindung gebracht werden, damit auf

diese Weise die negative Elektricität entfernt wird, und von den später zersetzten Elektricitätsmengen sich die positive nach dem Conductor bewegen könne. Von diesem aus muss die Elektricität ebenfalls weiter geleitet werden, wenn nicht auch hier, wie beim Reibzeuge, eine vollständige Ladung und deshalb ein Aufhören der Elektricitätsentwickelung stattfinden soll. Auch hier würde in diesem Falle nur soviel von der Glaselektricität aufgenommen werden, als der geladene Conductor in jedem Momente an die Luft abgiebt.

6. Das Elektrometer. Wir haben bereits vorn bei der Besprechung der elektrischen Vertheilung ein Mittel angegeben, die Art der Elektricität zu erkennen. Dies geschah durch die Divergenz zweier Hollundermarkkügelchen, welche durch die Mittheilung gleicher Elektricität auseinander getrieben wurden. Auf diesem Princip beruhen die meisten Elektrometer, wie sie von Canton, Cavallo, Saussure u. A. angegeben sind. Statt der Leinenfäden bedient man sich auch feiner Metalldrähte mit Kork- oder Hollundermarkkügelchen. Die meisten Instrumente dieser Art verdienen mehr nur den Namen der Elektroskope als eigentlicher Elektrometer, weil sie keine genauen quantitativen Bestimmungen zulassen. Besonders gilt dies bei grösseren Elektricitätsmengen. Trotz dieser mangelhaften Genauigkeit hat doch Volta, wie wir später sehen werden, mittelst eines Elektrometers sehr wichtige Entdeckungen begründet, und wir wollen daher hier das Volta'sche Elektrometer beschreiben[1]).

Volta bediente sich zur Messung geringer Grade von Elektricität statt der eben genannten Metalldrähte mit Kügelchen, blosser Strohhälmchen. Diese werden in leicht beweglichen Ringen nahe neben einander in vierseitigen gläsernen Flaschen von 4,4—5,6^{cm} Breite aufgehängt, deren eine Seitenfläche mit einem Papierstreifen versehen wird, worauf sich die Skala befindet, um die Divergenz zu messen. Zu seinen empfindlichsten Elektrometern nahm Volta Strohhälmchen von 2″ Länge und etwa $^1/_6$‴ Dicke.

Zur Messung stärkerer Grade von Elektricität bediente sich Volta des Henley'schen Quadranten-Elektrometers, welches im Wesentlichen aus einem vertical gestellten Metallstabe besteht, der am unteren Ende in der Vertikalebene einen Gradbogen trägt und an dessen oberen Ende ein um eine horizontale Axe bewegliches, leichtes Holzstäbchen angebracht ist. Bei dem Elektrisiren des Metallstabes wird das an ihm an-

[1]) Gehler III. pag. 665.

liegende Holzstäbchen abgestossen, und sein unteres Ende gleitet den Gradbogen entlang [1]).

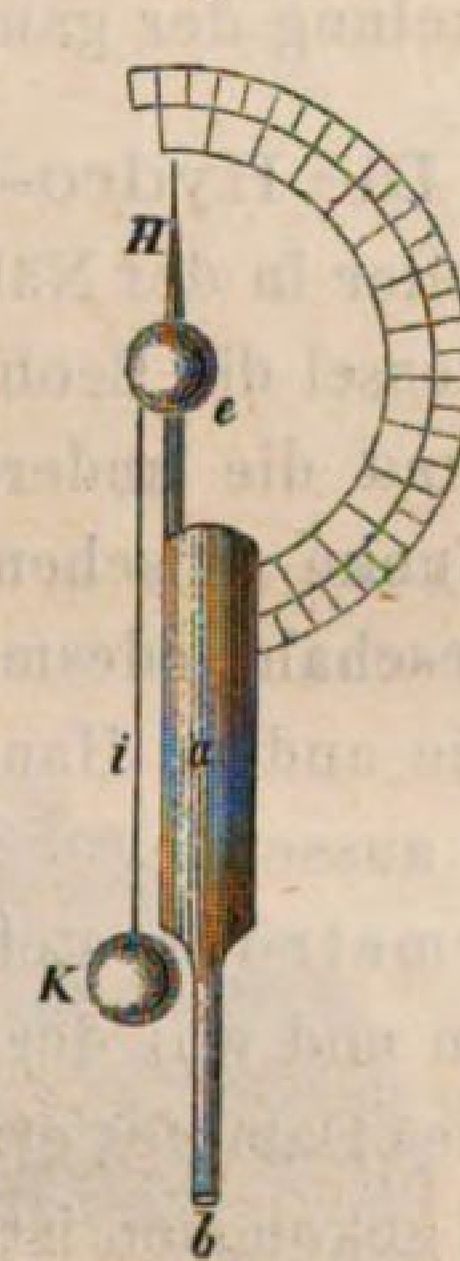
Fig. 3 stellt ein Strohalm-Elektrometer mit Skala dar.

Fig. 4 giebt die Einrichtung eines von Saxtorph verbesserten Henley'schen Quadranten-Elektrometers [2]). Ein dicker, vertical stehender Stab aus Buchsbaumholz *a b*, trägt am oberen Ende einen Kreisbogen, dessen Durchmesser nahe in die Verlängerung des Stabes fällt. Auf dem Stabe ist ein dünner Holzcylinder befestigt, der mit einer

Fig. 3.



Fig. 4.



vertical aufgeschnittenen Kugel *e* endigt. In die Spalte der Kugel passt mit gehörigem Spielraume eine Kreisplatte aus Elfenbein, die in der Mitte durchbohrt ist, und durch einen Stift zwischen den beiden Hälften der Kugel festgehalten wird. Diese Elfenbeinscheibe trägt nach oben und nach unten eine Spitze. Auf die nach oben gehende Spitze wird eine sehr dünne Glasröhe *H* gesteckt, die als Zeiger auf dem Gradbogen dient, wogegen man an der unteren Spitze einen mehrere Zoll langen Strohhalm *i* befestigt, der eine Kugel *K* aus Meerschaum trägt. Diese Kugel liegt bei senkrechtem Stande des Strohhalms in einem Ausschnitte des Buchsbaumstabes; der Gradbogen ist so gerichtet, dass der Stift der Scheibe *e* durch den Mittelpunkt des Bogens geht. Das Pendel hat an der unteren Hälfte ein kleines Uebergewicht, und bleibt daher in

[1]) Riess I. pag. 56. [2]) Riess I. pag. 59.

verticaler Lage, elektrisirt steigt es, und der Zeiger giebt den Winkel an, den das Pendel mit der Verticalen bildet.

Als eigentliche Elektrometer, d. h. solche Instrumente, mit denen verschiedene Elektricitätsquanta gemessen werden können, müssen besonders Coulombs Drehwage und Dellmanns Elektrometer genannt werden. Wir übergehen jedoch die Beschreibung dieser Apparate, wie so mancher anderer wichtiger Instrumente, weil dieser kurze Abriss nur den Zweck hat, die in diesem Werke zur Sprache kommenden Erscheinungen theoretisch zu begründen, nicht aber eine vollständige Entwickelung der ganzen Elektricitätslehre zu geben.

7. Die Hydro-Elektrisirmaschine. Im Jahre 1841 machte ein Arbeiter in der Nähe von New-castle an einem schadhaft gewordenen Dampfkessel die Beobachtung, dass, als er den Hebel des Ventils fassen wollte und die andere Hand zufällig an den Dampfkessel hielt, ein heller Funke zwischen dem Hebel und seiner Hand übersprang[1]). Dasselbe geschah jedesmal, wenn er den Kessel zu berühren suchte und dabei die andere Hand dem an der schadhaften Stelle ausströmenden Dampfe aussetzte.

Armstrong stellte darauf in Bezug auf diese Erscheinung Versuche an und war der Meinung, dass die Elektricität durch die Condensation des Dampfes erzeugt werde, wogegen man in neuerer Zeit zu der Ansicht gekommen ist, die Ursache der Elektricitätserregung liege hier wie in allen bisher erwähnten Fällen in der Reibung, und zwar hier des ausströmenden Dampfes an den Wänden der Ausflussöffnung.

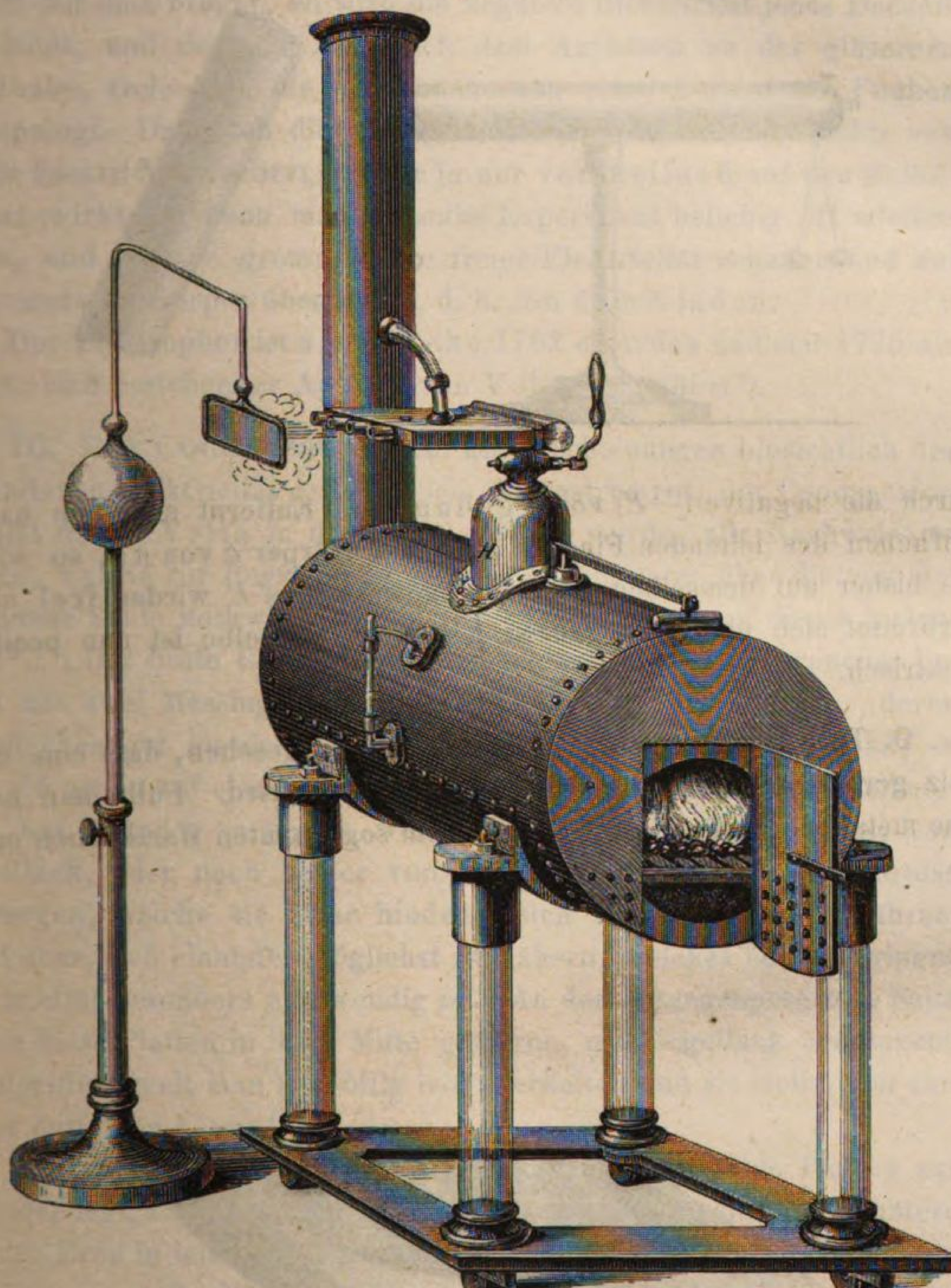
Armstrong[2]) gründete auf diese Beobachtung die Construction einer Hydro-Elektrisirmaschine, deren Abbildung Fig. 5 giebt[3]).

Der Kessel hat 44^{cm} Durchmesser und 96^{cm} Länge, die Feuerung ist innerhalb des Kessels angebracht. Dies wie die ganze übrige Einrichtung in ihren Hauptpunkten lässt sich aus der Zeichnung vollständig erkennen. Auf dem Hute *H* wird die Vorrichtung befestigt, aus der die Dämpfe ausströmen. Sobald sie ausströmen, wird der Kessel elektrisch. Damit die Elektricität ihr Maximum erreiche, muss die entgegengesetzte des entweichenden Dampfes zur Erde abgeleitet werden. Man lässt deshalb den Dampf, wie die Figur zeigt, gegen Metallspitzen strömen, die dann die Elektricität zu einem, auf einem Glasfuss stehenden Conductor leiten, der nach Belieben mit der Erde leitend verbunden werden kann.

[1]) Pogg. Ann. 52 pag. 328; Philos. mag. Ser. III. Vol. XVII. pag. 370 u. 452. [2]) Phil. mag. III. XXIII. pag. 194; Pogg. Ann. 60 pag. 352. [3]) Müllers Lehrbuch der Physik 1857 pag. 105.

Eine Maschine von der angegebenen Grösse ladet eine Batterie von 7,6□^{cm} Oberfläche in einer halben Minute.

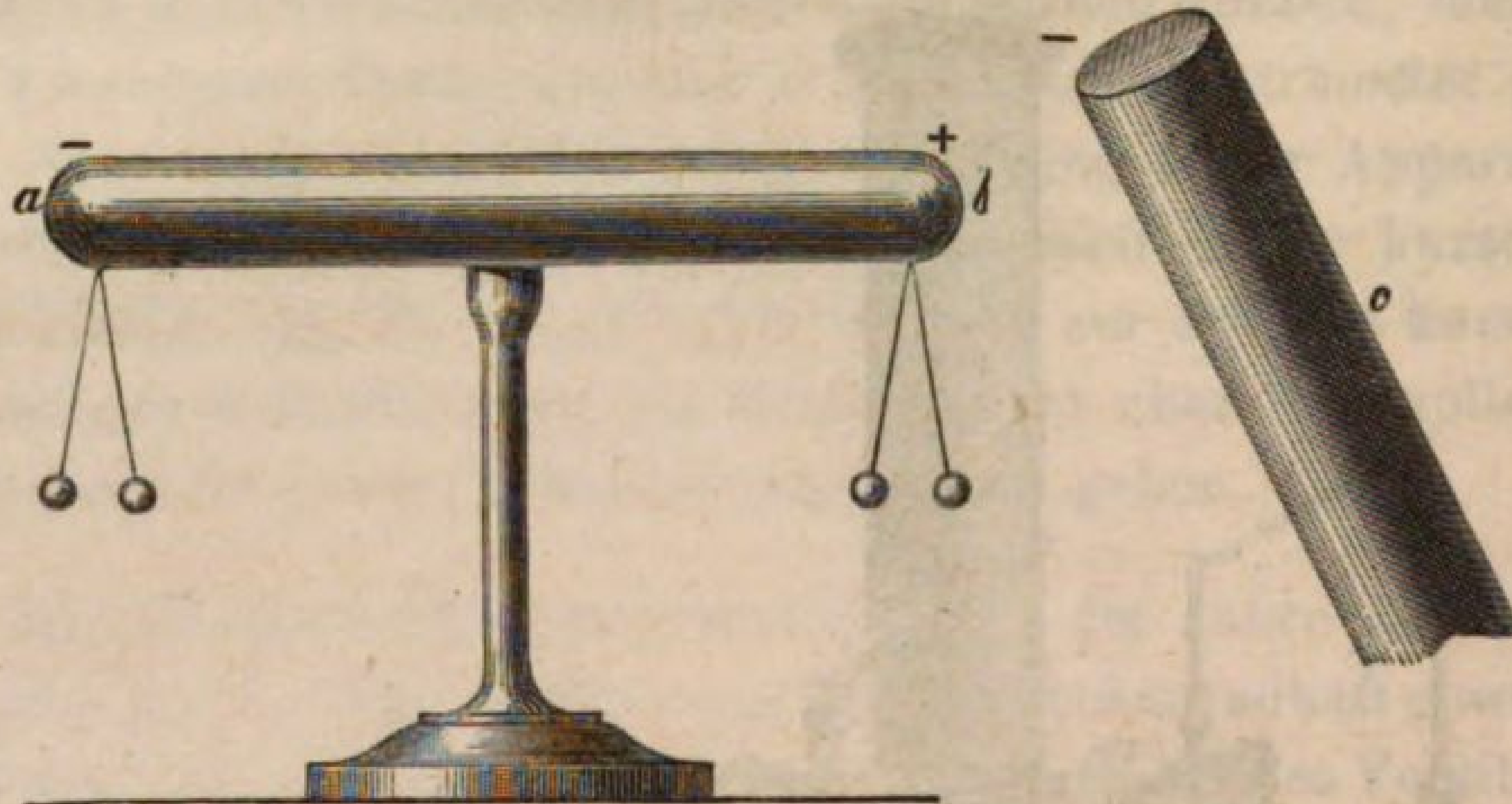
Fig. 5.



8. **Die gebundene Elektricität.** Berührt man den Conductor *ab* Fig. 6 leitend, z. B. mit dem Finger, bei *a*, während der mit negativer Elektricität geladene Körper *c* an seiner Stelle bleibt, so wird die nach diesem Punkt *a* getriebene negative Elektricität in den Erdboden abgeleitet, während die bei *b* von dem Körper *c* angezogene positive

Elektricität festgehalten wird, also nicht abgeleitet werden kann. Man sagt in diesem Falle die positive Elektricität (+*E*) des Körpers *a b* sei

Fig. 6.



durch die negative (—*E*) von *c* gebunden. Entfernt man nun nach Aufheben des leitenden Fingers auch den Körper *c* von *a b*, so wird die bisher auf demselben gebunden gewesene +*E* wieder frei und verbreitet sich über den ganzen Leiter *ab*, derselbe ist nun positiv elektrisch.

9. Der Elektrophor. Wir haben vorn gesehen, dass eine mit Pelz geriebene Harzstange negativ elektrisch wird. Füllt man nun eine metallene Form, Fig. 7, *a* mit einem sogenannten Harzkuchen und

Fig. 7.



reibt denselben mit Pelz, gewöhnlich durch Schlagen mit einem Fuchsschwanz, so wird die Oberfläche desselben negativ elektrisch. Legt man auf diesen Harzkuchen einen an einer Glasstange befestigten Metalldeckel *b*, so bewirkt die negative, freie Elektricität des Harz-

kuchens elektrische Vertheilung in dem Metalldeckel, indem die positive Elektricität an der unteren Seite gebunden, die negative nach der oberen Seite hin abgestossen wird. Berüht man darauf den Metalldeckel mit dem Finger, so wird die negative Elektricität jenes Deckels abgeleitet, und derselbe hat, nach dem Aufheben an der gläsernen Handhabe, freie $+E$, die bei Annäherung eines Leiters als Funken überspringt. Da durch dieses Experiment der Harzkuchen nichts von seiner Elektricität verliert, weil er ja nur vertheilend auf den Metalldeckel wirkt, so kann man dasselbe Experiment beliebig oft wiederholen, und so eine grosse Menge freier Elektricität schaffen und auf einen anderen Körper übertragen, d. h. ihn damit laden.

Der Elektrophor ist von Wilcke 1762 erfunden und seit 1775 als ein für sich bestehender Apparat von Volta eingeführt[1]).

10. Der Condensator. Auf die Erscheinungen hinsichtlich der gebundenen Elektricität gründet sich ein Instrument, der Condensator, mittelst dessen Volta in den Stand gesetzt wurde, alle Nachweise zu führen, welche zur Begründung seiner Behauptungen über die von ihm erfundene Säule nothwendig sind. Er sagt in Bezug auf dieses Instrument[2]): „Der beste Condensator, den ich am häufigsten brauche, besteht aus zwei Messingscheiben, jede von 5—8^{cm} Durchmesser, deren Oberflächen gut gereinigt, auf einander gerieben und polirt sind, so dass sie genau auf einander schliessen. Die Flächen, welche bestimmt sind, auf einander zu liegen, werden mit einer sehr dünnen Lage von Siegellack, oder noch besser von Lack, Copal- oder Bernsteinfirniss überzogen, welche sie zwar hindern, sich unmittelbar zu berühren, nicht aber, sich einander möglichst zu nähern, welches bei so geringer Elektricität besonders nothwendig ist. An der entgegengesetzten Seite haben diese Platten in ihrer Mitte gläserne, mit Siegellack überzogene Handgriffe, damit man sie völlig isolirt erhalten und sie isolirt von einander entfernen könne."

Gebraucht wird dieser Apparat so, dass man beide Platten auf einander legt, zu der oberen freie Elektricität leitet, während die untere mit der Erde in leitender Verbindung steht, dann nach Unterbrechung der Leitung nach der Erde die obere Platte abhebt und nnn mittelst eines Elektrometers die in der unteren Platte vorhandene freie Elektricität misst, welche durch die zuvor in die andere Platte geleitet gewesene Elektricität gebunden worden war, und jetzt frei auf das Elektrometer wirckt.

[1]) Gehler III. pag. 729. [2]) Gilbert Ann. 10 pag. 426.

Dadurch, dass die zugeleitete Elektricität die entgegengesetzte in der anderen Condensatorplatte bindet, sammeln sich in beiden Platten die Elektricitäten an, bis das Maximum der Spannung erreicht ist, welches von dem jedesmal gebrauchten Condensator abhängt. Die Menge der Elektricität, welche sich in dem Condensator ansammelt, lässt sich durch Versuche bestimmen. Volta sagt darüber[1]:

„Ein solches Mittel (nämlich die ansammelnde Kraft zu bestimmen) ist unter anderen folgendes: Ich theile dem Deckel des Condensators, während er auf der unteren Platte steht, die mit der Erde verbunden ist, mittelst einer Leydner Flasche[2], die bis auf 1, 2 oder 3° meines Strohalmelektrometers geladen ist, eine gleich starke Elektricität von 1, 2 oder 3° mit, und beobachtete dann den Grad der Elektricität, den der Deckel nach dem Aufheben am Elektrometer zeigt. Je nachdem dieser um das 100 oder 150 fache grösser ist, hatte sie sich im Condensator bis zum 100 oder 150 fachen angehäuft und condensirt. Da die Capicität des Strohhalmelektrometers zu eingeschränkt ist, um eine so grosse Menge von Elektricität zu fassen, so bediene ich mich hierbei eines Quadranten-Elektrometers, dessen Skala sich leicht mit jenem vergleichen lässt.“

Die wesentlichen Theile eines Condensators sind also zwei Metallplatten welche durch isolirende Schichten von einander getrennt sind. Ihre Wirkung besteht darin, dass die beiden von einander getrennten Metallplatten entgegengesetzte Elektricitätsmengen ansammeln, die sich gegenseitig binden. Kommt es daher darauf an, dass auch in anderen Fällen, als bei den oben besprochenen geringe Elektricitätsmengen angesammelt und dadurch Verstärkung von Entladungen bewirkt werden sollen, so bedient man sich mit Vortheil solcher Einrichtungen mit mehreren Platten, welche dann ebenfalls Condensatoren genannt werden, weil sie auf demselben Princip beruhen. Besonders geschieht dies bei Inductionsapparaten, welche später genauer besprochen werden.

Die Condensatoren werden gewöhnlich, um grosse metallische Flächen einander gegenüber zu stellen, so angefertigt, dass man Wachstafft auf beiden Seiten mit Stanniol belegt und nun den so belegten Tafft hin und her faltet, damit die ganze Vorrichtung möglichst geringen Raum einnimmt. Den Wachstafft ersetzt man auch wohl durch Glimmerblättchen und bewirkt dadurch, dass die Stanniolblätter einander sehr nahe kommen, wodurch stärkere Bindung der entgegengesetzten Elek-

[1]) Gilb. Ann. 10 pag. 434. [2]) Siehe diesen Abschnitt No. 12.

tricitäten bewirkt wird. Poggendorff hebt hervor [1]), dass grosse Flächen darin überlegen seien, dass sie compaktere, massigere Funken hervorrufen, wenn man die beiden Belegungen einander nähert; auch würden die Funken grosser Condensatoren grösser, wenn man die Batterie vergrössere, welche den Inductionsstrom erregt, was bei kleinen Condensatoren nicht der Fall sei. So sind noch mehrere andere Fälle vorhanden, bei denen möglichst grosse Condensatoren vortheilhaft sind. Poggendorff sagt in Bezug hierauf [2]): „Je kräftiger also die galvanische Batterie, je leitender und länger die Bahn ihres Stromes und je dicker und massiger der Inductionsdraht ist, kurz je intensiver und kräftiger der innere Inductionsstrom, der Extrastrom, ist, desto grösser muss auch der Condensator sein, wenn eine energische Funkenentwicklung zwischen den Polen des Apparats erlangt werden soll."

Die beiden Belegungen eines solchen Condensators können nun so von einander isolirt und nach der Entladungsstelle geführt sein, wie oben angegeben ist, dass die eine Seite der Belegung den einen, die andere den anderen Pol bildet; aber die Einrichtung kann auch so sein, dass der Wachstafft hin und her gelegt ist, und zwischen jeder der Schlangenwindungen ein Stanniolblatt gelegt wird. Alsdann sind alle diejenigen Blätter zu einem Pole zu vereinigen, welche der einen Seite des Wachstaffts entsprechen, die der anderen Seite entsprechenden zu dem anderen Pole. Kurz gesagt, es sind immer die abwechselnden Zinnfolien zu einem Pole zu vereinigen.

11. Die Franklin'sche Tafel. Dieser physikalische Apparat ist erst nach der später zu beschreibenden Leydner Flasche von Franklin hergestellt worden. Da sich jedoch die Theorie der Ladungsflasche am einfachsten aus der Franklin'schen Tafel entwickeln lässt, so ist es nothwendig, die Besprechung derselben jener voranzuschicken.

Die Franklin'sche Tafel besteht in einer Glastafel, welche zu beiden Seiten in der Weise mit Stanniol belegt ist, wie die Fig. 8 zeigt. Leitet man nun nach der vorderen Stanniolbelegung z. B. positive Elektricität ($+E$), so wird dadurch ein dieser Elektricitätsmenge entsprechender Theil negativer Elektricität ($-E$) durch Vertheilung nach der Glasseite der hinteren Belegung angezogen und der mit diesem Quantum verbunden gewesene Theil $+E$ nach der Aussenseite der hinteren Belegung getrieben, so dass also nach Elektrisirung einer Belegung

[1]) Pogg. Ann. 94 pag. 302. [2]) Pogg. Ann. 94 pag. 303.

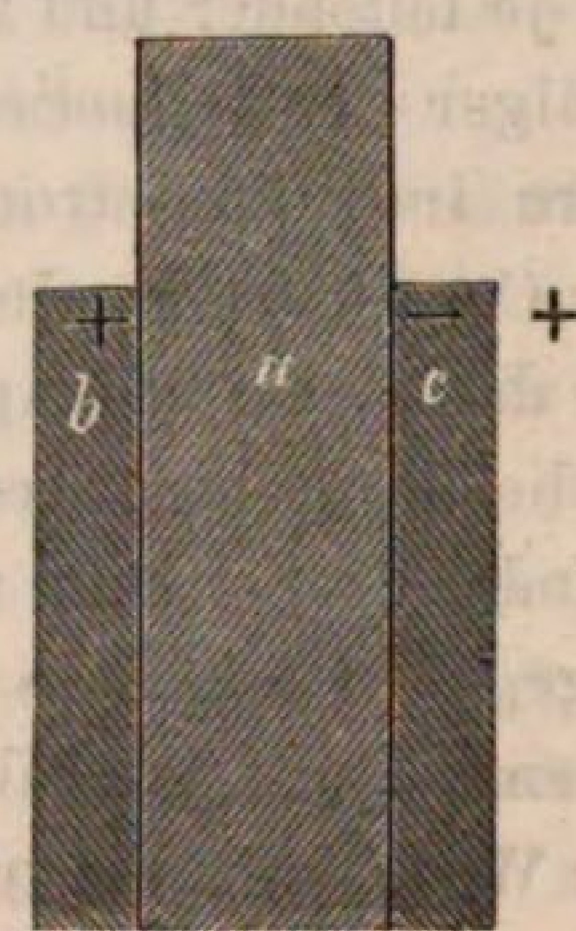
eine Zeichnung des Querschnitts der Franklinschen Tafel in vergrössertem Massstabe folgende Vertheilung zeigen müsste.

Bedeuten Fig. 9 *b* und *c* die Querschnitte beider Stanniolbelegungen und *a* den Querschnitt der Glastafel, so würde nun die elektrische Vertheilung nach der Art der Bezeichnung stattfinden. Da nun aber die $+E$ des *b* nicht mit der $-E$ des *c* in unmittelbarer Berührung, sondern durch das Glas von ihr getrennt ist, so muss natürlich das Quantum

Fig. 8.



Fig. 9.



$+E$ in *b* grösser sein, als das Quantum $-E$, das es in *c* bindet, denn es wird natürlich um so weniger binden, je grösser die Entfernung ist. Es ist also auf der Seite bei *b* die $+E$ nicht vollständig gebunden, d. h. es ist ein Theil derselben frei. Andererseits wirkte nun aber bei der Zuleitung der $+E$ von der Elektricitätsquelle her die $+E$ der Belegung *c* repulsiv auf jene und davon hing die Menge der bei der ersten Ladung in *b* aufgenommenen $+E$ ab. Berührt man nun *c* mit dem Finger, so wird die $+E$ derselben, da sie frei ist, abgeleitet und nun kann neue $+E$ von der Elektricitätsquelle her nach *b* geleitet werden. Dies kann so oft wiederholt werden, bis die Ladungsplatte vollständig geladen ist. Es fragt sich nun, wann dies stattfindet. Hierauf führt uns folgende Betrachtung. Denken wir die Seite *c* der Tafelbelegung mit der Erde leitend verbunden, so können wir von *b* her mittels des Conductors der Elektrisirmaschine immer neue Elektricität zuführen. Diese $+E$ bindet wegen der Dicke des Glases nicht ein gleiches Quantum $-E$ der anderen Seite. Diese $-E$ auf der Belegung *c* bindet

wiederum einen Theil der $+E$ der anderen Seite und dieser gebundene Theil ist nach aussen hin unwirksam. Lässt man nun soviel $+E$ zuströmen, bis der noch übrigbleibende freie Theil auf b solche Dichtigkeit erhält, als überhaupt sich bei dem existirenden Zustande der Luft auf der Tafel halten kann, so wird eine weitere Ladung unmöglich; denn eine neue Zuführung von $+E$ würde zwar mehr $-E$ binden, allein dadurch auch die Menge der freien $+E$ über die angegebene Grenze hinaus vermehren. Diese würde sich also nicht halten können, sondern in die Luft ausströmen, mithin würde auch keine neue Vertheilung auf der anderen Seite stattfinden. Die Ladung ist also vollständig, wenn die Elektricität, die trotz der Bindung von der anderen Seite her noch frei ist, solche Dichtigkeit hat, wie sie überhaupt haben könnte, wenn die andere Seite der Tafel keine Belegung hätte[1]).

12. Die Ladungsflasche oder Leydner Flasche und die Batterie. Den Apparat Franklin's stellt man möglichst compendiös und wirksam in der Weise dar, dass man ein Glas, wie Fig. 10 zeigt,

Fig. 10.



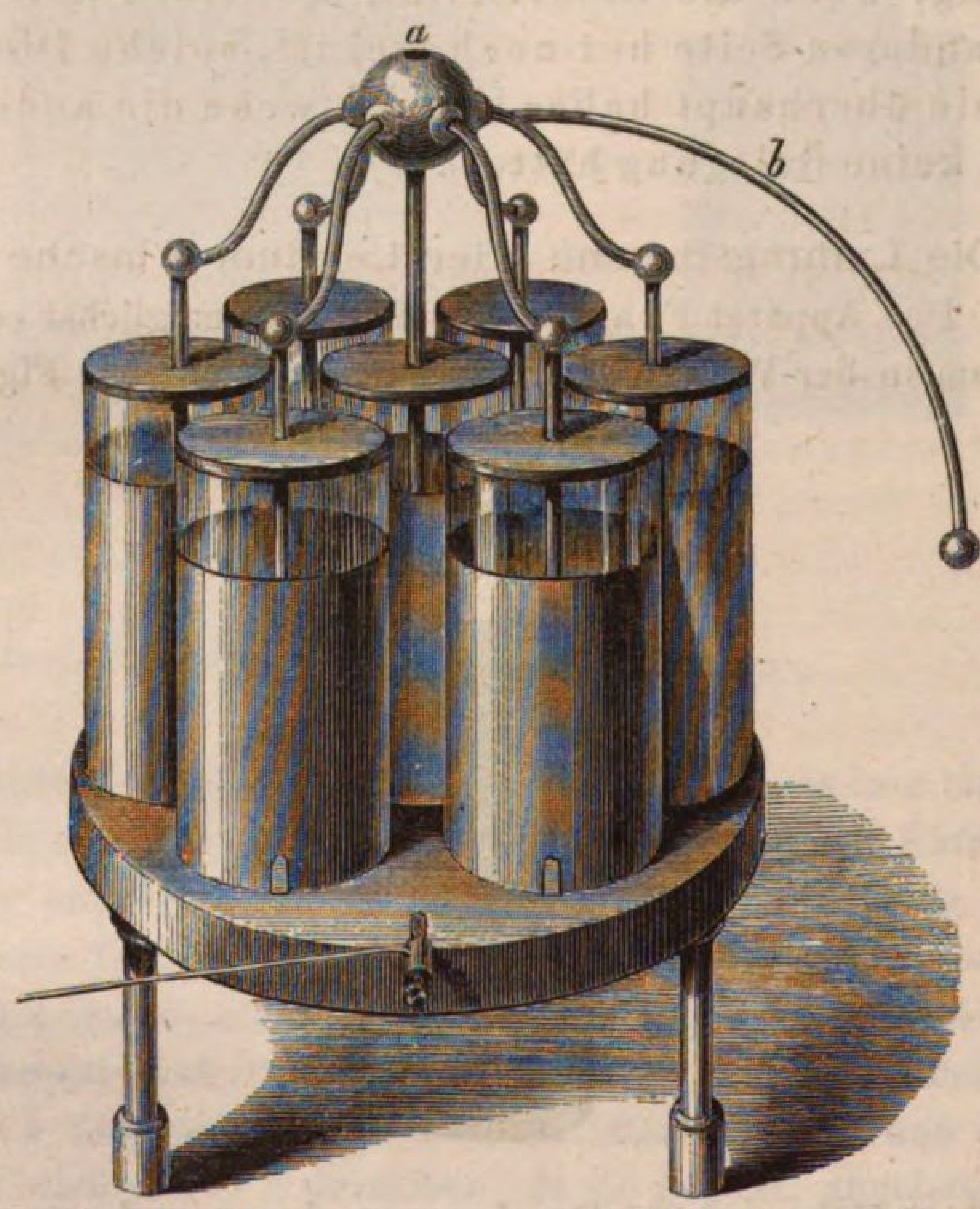
von etwa 24^{cm} Höhe und 9^{cm} Durchmesser, innen und aussen bis auf 4^{cm} Entfernung vom oberen Rande mit Stanniol beklebt und in der Mitte desselben einen Metallstab bis zur Berührung mit der inneren Belegung einführt, der bis etwa 5^{cm} aus dem Glase herausragt und mit einer Metallkugel endigt. Man sieht ein, dass die innere Belegung der einen und die äussere der anderen Seite der Franklin'schen Tafel entspricht. Leitet man die Elektricität vom Conductor der Elektrisir-

[1]) Gehler IV. pag. 405.

maschine nach dem Metallknopf der Flasche und verbindet die äussere Belegung derselben leitend mit der Erde, so wird die Flasche ganz in der Weise der Tafel geladen, indem der inneren Belegung positive Elektricität zugeführt und die der äusseren zur Erde abgeleitet wird. Die Entladung wird durch Verbinden der äusseren Belegung mit dem Metallknopfe herbeigeführt.

Eine Zusammenstellung mehrerer Flaschen, deren äussere Belegungen und deren Metallknöpfe unter einander leitend verbunden sind, nennt man eine elektrische Batterie. Die Fig. 11 stellt eine

Fig. 11.



Batterie von 7 Flaschen dar. Der Knopf *a* vereinigt sämmtliche innere Belegungen, seine Fortsetzung in dem Arme *b* dient zum bequemeren Entladen.

Nach den vorn besprochenen Ansichten über Elektricität muss sich bei Steigerung der Ladung einer Flasche oder Batterie die Elektricität auf beiden Seiten der Glasfläche verdichten. Diese elektrische Dichtigkeit wird durch die zugeführte Elektricitätsmenge,

dividirt durch die Ausdehnung der inneren Belegung bestimmt[1]). Da bei der Entladung plötzlich die Elektricität der ganzen Oberfläche abgeleitet, ausgeglichen wird, so kommt es für diesen Fall nicht darauf an, ob die Dichtigkeit in allen einzelnen Punkten der Belegung dieselbe ist, sobald die Entladung stets von demselben Punkte der Belegung aus geschieht. Würde man an verschiedenen Punkten entladen, so wäre die Schlagweite von der Dichtigkeit in diesen Punkten abhängig. Die Schlagweite ist der mittleren Dichtigkeit der Batterie proportional[2]).

13. Die Luftelektricität. Bereits vorn ist bemerkt, dass Gray zuerst den Gedanken ausgesprochen, das Gewitter möchte eine elektrische Erscheinung sein. Franklin und Andere wiesen darauf die elektrische Natur des Gewitters durch mancherlei Beobachtungsmittel nach, und man fand sehr bald, dass sich bei den verschiedensten Zuständen der Atmosphäre Elektricität in derselben befände. Bei völlig heiterem Himmel lässt sich Elektricität in der Luft nachweisen, ebenso ist in jedem Niederschlage von Wasser aus der Atmosphäre freie Elektricität zu beobachten.

Obgleich jedoch dieses Faktum des Vorhandenseins der Elektricität in der Luft bereits lange Zeit bekannt ist, so ist man doch über die Ursachen desselben noch jetzt sehr im Unklaren. Zwar hat man Ursachen für den elektrischen Zustand der Luft angegeben, allein man nimmt Anstand die Erscheinungen, welche eine so grosse Verdichtung der Elektricität, wie beim Gewitter, zeigen, aus den angegebenen Ursachen herzuleiten.

In Bezug auf die Ursachen der Luftelektricität sagt Kämtz[3]): „Da zu jener Zeit (als das Gewitter als elektrisches Phänomen erkannt ward) die Reibung das einzig bekannte Mittel war, durch das Elektricität hervorgebracht werden konnte, so glaubten Mehrere, die Elektricität der Atmosphäre entstände durch Reibung von Luftmassen an einander. Obgleich spätere Physiker viele Einwürfe dagegen erhoben haben, so scheint mir doch dieser Umstand nicht ganz unwirksam zu sein.“ Hierzu kommt nach der Beobachtung der Erscheinungen an der Hydro-Elektrisirmaschine noch die Reibung von Dampfniederschlägen und Dampftheilen an Luft, die doch auch Elektricität frei machen. Ausserdem hat man den Grund der Elektricitätserregung noch in drei Um-

[1]) Riess I pag. 372. [2]) Riess I pag. 377, Dove Rep II pag. 41. [3]) Kämtz Meteorologie 1840 pag. 391.

ständen gesucht: in der stets wechselnden ungleichen Temperatur der in der Atmosphäre über einander gelagerten Luftschichten; in der Verdampfung des Wassers und in der Vegetation der Pflanzen. In Bezug auf diese Erregungsmittel sagt aber Riess[1]): „Die Elektricitätslehre darf keine von ihnen gelten lassen, weil man die Elektricitätserregung durch ungleich warme Luft niemals geprüft, und die durch Verdampfung und Vegetation durch Versuche zu stützen gesucht, deren Resultate zweifelhaft geblieben sind.“ —

Lassen wir aber auch wirklich die genannten Ursachen der Elektricitätserregung als solche gelten, so müssen wir doch zugeben, dass durch sie nur eine allmähliche Entwicklung stattfinden kann, welche alsdann die tägliche Variation des elektrischen Zustandes der Atmosphäre bedingen könnte. Auf die hiervon abhängigen Erscheinungen kommt es aber in dem vorliegenden Falle wenig an. Für die Anwendungen des Elektromagnetismus und besonders für die Telegraphie ist vor allem die so plötzlich eintretende Erscheinung grosser elektrischer Dichtigkeit und wiederholten Wechsels des Zeichens der Elektricität von Wichtigkeit. Nach allen bis jetzt darüber angestellten Untersuchungen müssen diese so mächtigen elektrischen Erscheinungen wohl aus dem plötzlichen Niederschlage von Wasserdampf und aus der Reibung desselben mit schnell bewegten Lufttheilchen bei heftigem Winde erklärt werden.

„Der regelmässige Gang der Luftelektricität“, sagt Ries[2]), „der allein in einer Aenderung der normalen positiven Elektricität besteht und bei heiterem oder gleichmässig bedecktem Himmel stattfindet, wird unterbrochen, wenn Wolken über den Beobachtungort hinziehen, die sich kurz darauf mit Regen, Schnee oder Hagel entladen. Die Luftelektricität wird dann nicht nur plötzlich sehr stark oder schwach, sondern sie verändert schnell ihre Zeichen. So sah Canton[3]) 1753 in weniger als $^1/_2$ Stunde die Elektricität 5 bis 6 mal ihr Zeichen ändern, eine Veränderlichkeit, die durch jede spätere Beobachtung bei drohendem Unwetter bestätigt worden ist, und von welcher die neuere Erfahrung in Kew eine Vorstellung giebt, wo binnen 5 Minuten von der Franklin'schen Stange 1,3^{cm} lange Funken sowohl mit positiver als negativer Elektricität erhalten wurden, als eine dunkle Wolke über den Apparat zog[4])“.

„Der in Hinsicht auf Stärke und Zeichen bemerkte Wechsel der

[1]) Riess Elektricität II. pag. 491. [2]) Riess, Elektricität II. p. 524. [3]) Franklin exper. observ. 157. [4]) Report. brit. assoc. 1849, 181.

Luftelektricität, der durch Wolkenbildung und atmosphärische Niederschläge in einer längeren Zeit stattfindet, wird bei dem Gewitter in einen kurzen Zeitraum zusammen gedrängt, und tritt dabei in grösster Stärke auf. Sehr starke wie sehr schwache Divergenzen des Elektroskops mit der einen oder anderen Elektricität werden dabei in wenigen Sekunden beobachtet. Saussure[1]) sah während eines Gewitters die Elektricität so schnell wechseln, dass er nicht Zeit hatte, die am meisten von einander verschiedenen Divergenzen aufzuzeichnen; Volta[2]) sah bei einem Gewittersturm an seinem, mit einer Flamme versehenen Elektroskope 14 mal in einer Minute die Elektricität ihr Zeichen wechseln."

Schöbler beschreibt den Gang eines Gewitters folgendermassen[3]): „Der Himmel war einige Tage zuvor grösstentheils bedeckt und die Luftelektricität schwach positiv. Als am Tage um $4^1/_4$ Uhr am südwestlichen Himmel ein Gewitter aufstieg, nahm die positive Elektricität zu, und stieg ruckweise bei jedem Blitze; es regnete in grossen Tropfen. Nach 7 Minuten stand das Gewitter am nächsten; unter einem heftigen Blitze mit schnell darauf folgendem Donner ging die positive Elektricität in negative von gleicher Stärke über; es erfolgte ein starker Regenguss, und jetzt nahm mit jedem Blitze die negative Elektricität eben so zu, wie früher die positive. Das Gewitter entfernte sich gegen Nordwesten, und damit verminderte sich die negative Elektricität. Um 5 Uhr 4 Minuten wurde die Luftelektricität wieder positiv, 5 Uhr 7 Minuten erfolgte der letzte Blitz mit positiver Elektricität und um 5 Uhr 12 Minuten fiel ein negativ-elektrischer Regen. Als dieser nach 6 Minuten aufhörte, nahm die negative Elektricität allmählig ab und wich nach einer halben Stunde der normalen positiven Elektricität."

Wir beobachten diese schnellen Aenderungen des elektrischen Zustandes der Luft stets verbunden mit heftigen Niederschlägen, die, wenn sie in seltenen Fällen nicht als Regengüsse oder Hagel erscheinen, sich doch in mächtigen Wolkenbildungen kundgeben. Dove sagt in Bezug auf die Erklärung der Gewitter[4]): „Wenn meteorologisch Gewitter und Platzregen fast identisch sind, so fragt sich: Wie entsteht an der rasch hervortretenden Wolke Elektricität? Dass bei der Verdampfung diese wie Wärme gebunden, und im Niederschlagen frei werde, ist nicht richtig, und somit fällt die einfache Erklärung Volta's weg, denn es ist durch genaue Versuche mehrerer Physiker erwiesen,

[1]) Voyages d. l. Alpes § 801, 2. 220. [2]) Sopra la grandine part. 1 Collezione I. 2. 371. [3]) Schweiggers Journ. 11. 378. [4]) Dove Meteorologische Untersuchungen pag. 66.

dass die Aenderung des Aggregatzustandes als solche keine Elektricität erzeugt".

Ueberblicken wir alle bisher angegebenen Ursachen der Luftelektricität und die Bedenken gegen die Möglichkeit, dass sie die Bildung der Gewitter bewirken könnten, so bleibt von allen eigentlich keine andere Ursache für dieselben übrig, als die Reibung der Lufttheilchen beim Sturme an den durch mächtige und plötzliche Dampfniederschläge erzeugten Wassertheilchen der Wolken.

Der Grund der Bedenken gegen diese Erklärung liegt nur darin, dass es bis jetzt nicht gelungen ist, den direkten Beweis für die Annahme dieser Ursache der Luftelektricität zu liefern. Wenn nun aber einerseits Alles, was man sonst als Ursache für die Elektricitätserscheinungen ausser der Reibung angegeben hat, widerlegt, wenn andererseits kein Grund gegen die Reibung der Wassertheile an der bewegten Luft angegeben ist, wenn ferner bekannt ist, dass die Reibung der Dampftheile an festen Körpern entschieden bedeutende elektrische Intensität erzeugt; so scheint es doch nahe zu liegen, dass man auch der Reibung der Wassertheile an der bewegten Luft eine solche Wirkung zugesteht.

Wie bereits gesagt, ist der elektrische Zustand der Atmosphäre oder einzelner Wolken von bedeutendem Einflusse auf die Telegraphenleitungen und in Folge dessen auf den gesammten Telegraphenbetrieb überhaupt, wenn die Leitungen isolirt über der Oberfläche hingehen. In welcher Weise und aus welchen Ursachen sich diese Einflüsse geltend machen, das können wir jedoch erst nach Besprechung der elektrischen Induction in gehörigem Umfange erörtern.

§. 2.

Der Galvanismus.

1. **Galvani's Beobachtung.** Ludwig Galvani, Professor der Anatomie zu Bologna, beobachtete Zuckungen an Froschschenkeln, die für eine Suppe präparirt waren, wenn der Cruralnerv leitend berührt ward, und gleichzeitig Funken aus dem Conductor einer in der Nähe befindlichen Elektrisirmaschine gezogen wurden. Wenn nämlich ein Conductor mit Elektricität geladen ist, so ist das elektrische Gleichgewicht in dessen Nähe gestört. Berührt man den Nerv mit einem guten Leiter in dem Augenblick, wo der Funke aus dem Conductor gezogen wird, und also die vorher durch Vertheilung oder Influenz, wie

man es auch nennt, in der Luft zurückgetriebene gleichnamige Elektricität dem Conductor wieder zuströmt, so bewirkt dies Zurückströmen auf und durch den Nerv den Reiz, welcher die Zuckung hervorruft. Man kannte auch damals schon diese Erscheinung unter dem Namen des elektrischen Rückschlages. Glücklicher Weise war Galvani diese Erklärung nicht bekannt, und er sah daher diese Erscheinung als eine Bestätigung seiner Lieblingsidee von einer den Thieren eigenthümlichen Elektricität an. Um die Beobachtung weiter zu verfolgen, und den Einfluss der Luftelektricität auf Froschpräparate zu prüfen, hängte er mehrere derselben an dem eisernen Gitter eines Gärtchens auf, bemerkte aber keinen Einfluss. Des langen Wartens müde, bog er die durch das Rückenmark gehenden Drähte gegen das Gitter zurück, und erhielt plötzlich starke Zuckungen der Froschschenkel. Diese Erscheinung war keine Folge der Luftelektricität, sondern eine wirklich durch die Contactelektricität bewirkte, wovon sich Galvani später überzeugte. Das eiserne Gitter war das eine, die messingenen Aufhängedrähte das andere Metall, während die Froschschenkel als feuchter Leiter dienten, um so den galvanischen Kreis zu schliessen.

Diesen Begriff legte aber erst Volta im Jahre 1800 in die Erscheinung und eröffnete so das grosse und wichtige Feld der Forschungen, deren Erfolg in diesem Jahrhundert so viel zur gänzlichen Umgestaltung der Verhältnisse beigetragen hat.

2. Volta's Fundamentalversuch. Gleich nach der Veröffentlichung der Entdecknng bestritt Volta, Professor zu Pavia, Galvani's Ansicht von einer eigenthümlichen thierischen Elektricität. Sein geistreicher Scharfsinn erkannte aus dem complicirten Phänomen das Wesentliche heraus, und indem er zwischen zwei verschiedene Metalle eine feuchte Pappscheibe statt des Frosches brachte, construirte er den eigentlichen elektromotorischen Apparat, dessen vervielfältigte Aneinanderreihung die eigentliche galvanische oder richtiger Volta'sche Säule bildet.

„In der Sitzung des Nationalinstituts vom 7. Nov. 1801", heisst es im Hamburger Correspondenten vom Jahre 1801, No. 180, „theilte der berühmte Physiker Volta dem Institute die Resultate seiner Versuche über den sogenannten Galvanismus mit, welche es ausser allen Streit setzen, dass das dabei thätige Fluidum nichts anderes als die Elektricität ist. Man hörte seiner Abhandlung mit dem grössten Interesse zu. Der Oberconsul Bonaparte, welcher sich in der Sitzung befand, schlug nach geendigter Vorlesung vor, diesem Gelehrten eine goldene Medaille

zur Belohnung zuzuerkennen, welche zum Andenken dieser wichtigen Entdeckung geschlagen werden soll"[1]).

In dieser hier erwähnten Sitzung theilte Volta die Eigenschaften seiner Säule mit, während er erst in einer späteren Sitzung am 21. November den später nach ihm genannten Fundamentalversuch entwickelte, um die absolute Indentität der Contactelektricität mit der längst bekannten Maschinen- oder Reibungselektricität festzustellen.

„Die Haupteinwürfe gegen die Identität des galvanischen und elektrischen Fluidums", sagt Volta[2]), „werden von Folgendem hergenommen:"

a. „Von dem gänzlichen Mangel einiger und von der Geringfügigkeit anderer Symptome der Elektricität, indess die Schläge und Sensationen, die durch den Contact verschiedenartiger Metalle und besonders durch Vereinigung mehrerer solcher Metallpaare mittelst feuchter Leiter hervorgebracht werden, sehr empfindlich und schmerzhaft sind."

b. „Von dem Unvermögen verschiedener Stoffe, die man für treffliche elektrische Leiter hält, z. B. verdünnte Luft, die Flamme etc., die Action der einfachen oder zusammengesetzten galvanischen Kette durch sich hindurch zu lassen."

c. „Von der bewundernswürdigen Zersetzung des Wassers in meinem Apparate, welche man einer so schwachen Elektricität zuzuschreiben ansteht, da die stärksten Entladungen der mächtigsten Elektrisirmaschine sie so nicht zu bewerkstelligen vermögen."

„Um diese Einwürfe vollständig zu heben, scheint es mir nöthig zu sein, mit möglichster Genauigkeit den Grad der Elektricität, welche in der Berührung zweier verschiedenartiger Metalle rege wird, zu bestimmen. Ich wählte dazu die beiden Metalle, die sich am meisten entgegengesetzt, und daher verhältnissmässig am wirksamsten sind: Silber und Zink. Von diesen werden zwei gleiche Scheiben zur Hälfte über einander gebracht, dass die Peripherie der einen durch das Centrum der anderen geht, und in dieser Lage mittelst einer Schraube, eines durchgeschlagenen Nagels oder durch Löthung befestigt, so dass sich kein fremder Körper zwischen ihnen befindet. Darauf fasse ich die Zinkscheibe mit den Fingern und bringe die Silberscheibe einige Zeit lang mit dem Deckel des Condensators, dessen untere Platte mit dem Boden verbunden ist, in Berührung, wobei sich die Elektricität des Silbers in ihm anhäuft, seiner Capacität und der Kraft entsprechend, welche ihm die Einwirkung der unteren Platte ertheilt, wie ich das in

[1]) Gilbert Ann. 9 pag. 493. [2]) Gilbert Ann. 10 pag. 423.

meiner Theorie dieses Instruments gezeigt habe. Nehme ich nun die Silberscheibe fort, und hebe den Deckel des Condensators ab, so zeigt er, mit dem Hute meines Strohhalm-Elektrometers in Berührung gebracht, an diesem Elektrometer 2, 3, wohl selbst 4 Grad negativer Elektricität".

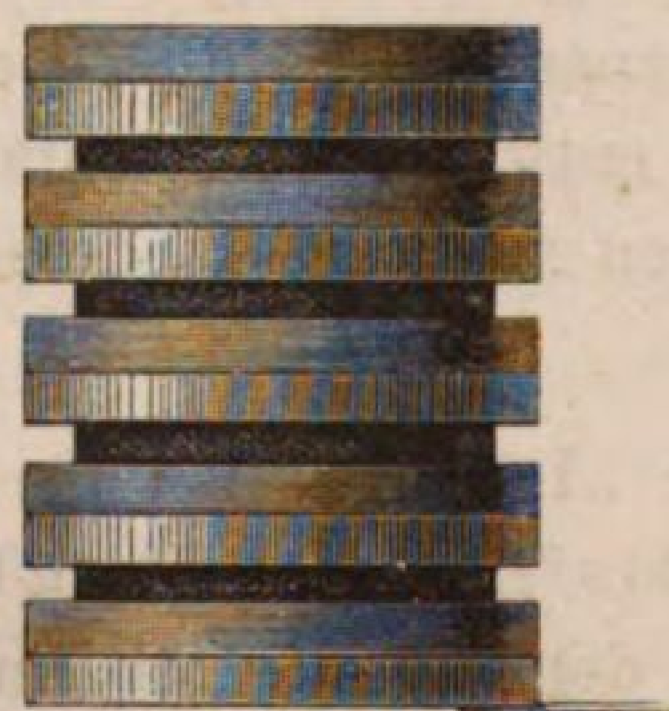
„Fasse ich dagegen das Silberstück mit den Fingern, und bringe das Zinkstück mit dem Deckel des Condensators in Berührung, so zeigt der ansammelnde Deckel am Strohhalm-Elektrometer 3 bis 4 Grad positiver Elektricität."

Aus diesem Versuche geht unzweifelhaft hervor, dass durch die Berührung der beiden genannten Metalle Elektricität entwickelt wird. Je zwei andere Metalle entwickelten ebenfalls eine bestimmte Menge Elektricität, jedoch zeigen zwei Stücke desselben Metalls keine Elektricität.

Volta sagt darauf: „Da zwei sich berührende Platten Zink und Silber, gleichviel, welches ihre Grösse und Gestalt ist, stets einem guten Condensator, von der Art wie ich ihn beschrieben habe, diese Grade von Elektricität mittheilen, und ich die ansammelnde Kraft des Condensators, dessen ich mich bediene, mit grosser Genauigkeit durch Versuche bestimmt habe, so war es mir nun leicht, die Intensität oder Spannung zu bestimmen, welche die Elektricität in einer Zink- und Silberplatte, die sich berühren, haben muss; Spannungen, die sich in ihnen erhalten oder erneuern, so lange die Platten in Berührung bleiben oder auf's Neue in Berührung gebracht werden. Ein Condensator, der die Elektricität bis zum 120fachen anhäuft, bringt so z. B. nach der Berührung mit einer der Platten, das Elektrometer zu einer Divergenz von 2^0, woraus ich schliesse, dass die elektrische Spannung des colligirenden Deckels, so lange er auf der unteren Platte des Condensators aufstand, 120mal kleiner, mithin nur von $^1/_{60}{}^0$ gewesen sei, und dass die Zink- oder Silberscheibe, die während dieser Zeit mit ihm in Berührung war, wenigstens dieselbe elektrische Spannung gehabt haben müsse, weil sie sie diesem Deckel hat mittheilen können, so wie sie sie jedem anderen Leiter, selbst der Leydner-Flasche, wie wir weiterhin sehen werden, mittheilt. Dasselbe schliesse ich daraus, dass bei einer 180-, 240-, 300fachen Condensirung, (die sich leicht in einem guten Condensator, dessen Platten gehörig polirt und überfirnisst sind, erhalten lässt) das Strohhalm-Elektrometer um 3, 4 und 5 Grade divergirt; welches gleichmässig auf $^1/_{60}{}^0$ Spannung in der Scheibe deutet, die man mit dem Deckel des Collectors in Berührung gebracht hat."

3. Die Volta'sche Säule. An die Beschreibung dieses seines Fundamentalversuchs knüpft Volta die Beschreibung der von ihm erfundenen Säule. „Eine der einfachsten Methoden", sagt er[1]), „diese Versuche mit mehreren Metallpaaren anzustellen, ist folgende: Man lege auf eine Silbermünze eine Zinkscheibe, darauf eine mit Wasser getränkte Scheibe aus Pappe, Tuch oder einen andern spongiösen Körper, und fahre in dieser Ordnung fort, bis man eine beliebige Menge solcher Lagen oder Schichten in Säulenform über einander gehäuft hat", wie Fig. 12 zeigt.

Fig. 12.



„Ist der Apparat so vorgerichtet, so bringe man die oberste Platte eines Metallpaares mit dem Deckel des Condensators in Berührung, während man die unterste Platte der Säule mit der Hand berührt oder mit dem Boden in leitende Verbindung setzt; eine Bedingung, von der ich gezeigt habe, warum sie unerlässlich ist. So hält der Condensator durch 2 Plattenpaare eine Spannung von $^2/_{60}$, und durch 3, 4, 10, 20 Paare von Metallplatten, Spannungen von $^3/_{60}{}^0$, $^4/_{60}{}^0$, $^{10}/_{60}{}^0$, $^{20}/_{60}{}^0$, so dass, wenn der Condensator 120mal condensirt, der Deckel desselben, nach dem Aufheben das Strohhalm-Elektrometer zu einer Divergenz von 4^0, 6^0, 8^0, 20^0, 40^0 bringt."

Warum es nöthig ist, zwischen jedes Metallpaar einen feuchten Leiter zu bringen, erhellt hinlänglich aus dem, was ich vorn bemerkt habe. Ohne seine Dazwischenkunft würde jede Zinkplatte von beiden Seiten mit Silber in Berührung stehen, und von zwei gleichen entgegengesetzten Kräften afficirt werden, daher das Resultat aller dieser Wirkungen dem der obersten und untersten Platte auf einander gleich sein müsste. Wären dies verschiedenartige Metalle, so träte die Wirkung eines einzigen Plattenpaares und eine Tension von $^1/_{60}{}^0$ ein, wären sie einerlei Metall, so fände selbst gar keine Wirkung statt."

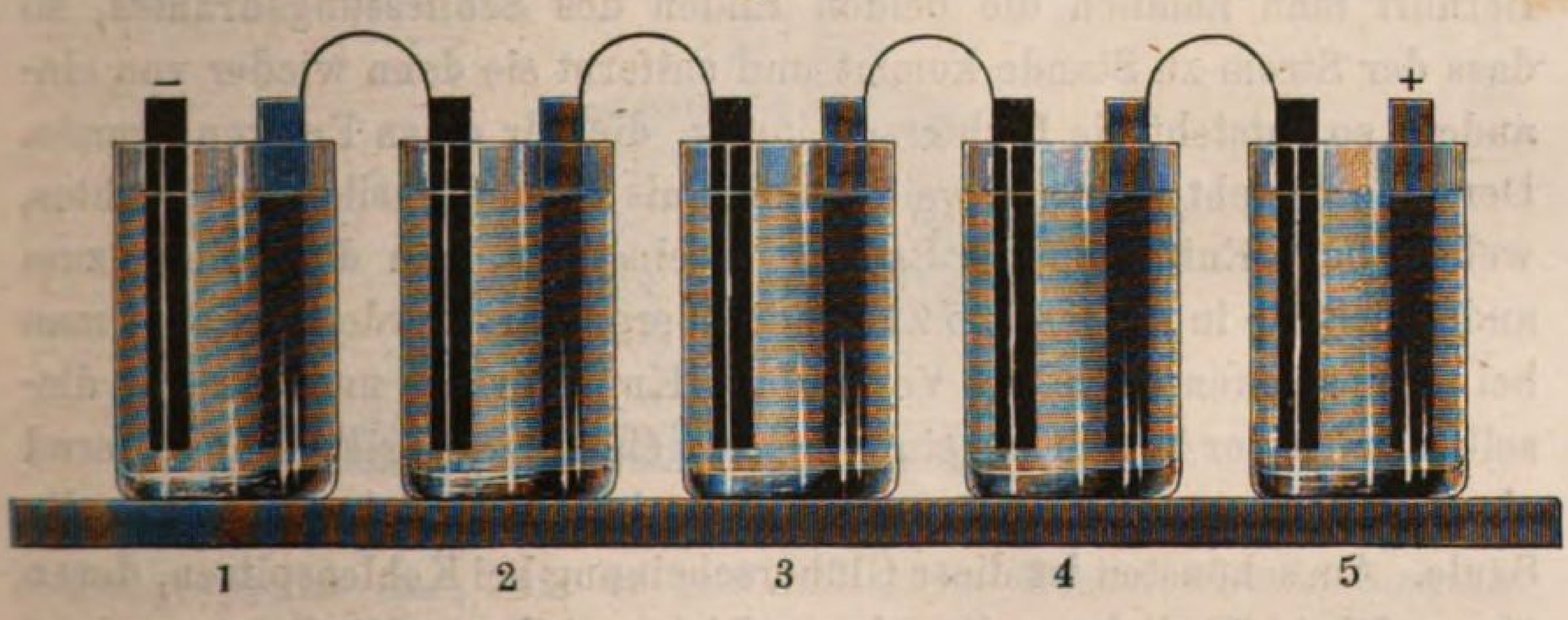
[1]) Gilbert Ann. 6 pag. 345.

Bei der ersten Beschreibung dieser seiner Säule erwähnt Volta gleichzeitig noch einer anderen Zusammenstellung des Apparates[1]): Eine Reihe von Gläsern oder von Bechern (die nur nicht von Metall sein dürfen) wird mit warmem Wasser oder mit einer Salzlösung angefüllt, und in jedes Glas eine Zink- und eine Silberplatte getaucht, die sich aber nicht berühren dürfen. Jede Platte muss einen verlängerten Streifen oder Haken haben, mittelst derer die Platten der verschiedenen Gläser sich so in Verbindung setzen lassen, dass das Zink des ersten Glases das Silber des zweiten berührt, und so ferner, bis Zink und Silber aller Gläser auf diese Art verbunden sind. Die Schliessung der Kette zwischen dem ersten und letzten Glase bringt den Schlag hervor. Die in das Fluidum gelegten Platten sollen 6,8 Quadratcentimeter gross, ihre über das Wasser hervorstehenden Streifen können aber nach Belieben schmal sein.

Diese Form der Säule ist die bis jetzt noch immer übliche, und die nach Volta gemachten Entdeckungen auf diesem Felde beziehen sich nur auf die Metalle und feuchten Leiter, welche mit einander in Verbindung gebracht sind, um eine möglichst grosse Kraft zu erzeugen, und auf die Gesetze, denen die Kraft bei verschiedenen Combinationen folgt.

Die Fig. 13 stellt eine solche von Volta beschriebene galvanische Säule dar.

Fig. 13.



4. Die Wirkungen der galvanischen Säule. Die Wirkungen dieser Säule sind vierfacher Art, es sind Wärmeerregung, chemische Zersetzung, Erregung von Magnetismus und physiologische Wirkungen.

a. Die Wärmeerregung des galvanischen Stromes. Durch

[1]) Gilbert Ann. 6 pag. 345.

den Strom einer galvanischen Säule wird in jedem Körper Wärme erregt. Der Grad dieser Wärme steigert sich überhaupt mit der Stärke des Stromes, wie mit der Grösse des Widerstandes, der durch den in den Strom eingeschalteten Leiter geleistet wird. Da, wie wir später sehen werden, dieser Widerstand um so grösser wird, je geringeren Querschnitt der Leiter hat, so wächst auch der Grad der erregten Wärme mit der Abnahme des Querschnitts des Leiters für den Strom.

Während man sich mittelst einer schwachen Säule von der in dem Verbindungsdrahte erregten Wärme nur durch das Gefühl überzeugen kann, wird bei einer stärkeren Säule die Wärmeerregung sehr bald dadurch auch veranschaulicht, dass dieser Verbindungsdraht ins Glühen geräth. Dies geschieht natürlich um so eher, je dünner der Verbindungsdraht ist. Bei Steigerung des Stromes schmilzt schliesslich der Draht, oder er verbrennt noch vor dem Schmelzen, wenn er oxydirbar ist, wie bei den meisten Metallen. Diese Erscheinung des Verbrennens kann man daher sehr leicht bei einem Eisendraht wahrnehmen, während die Glüherscheinungen sich am schönsten an einem Platindraht zeigen, welcher nicht verbrennt, sondern nur schliesslich schmilzt.

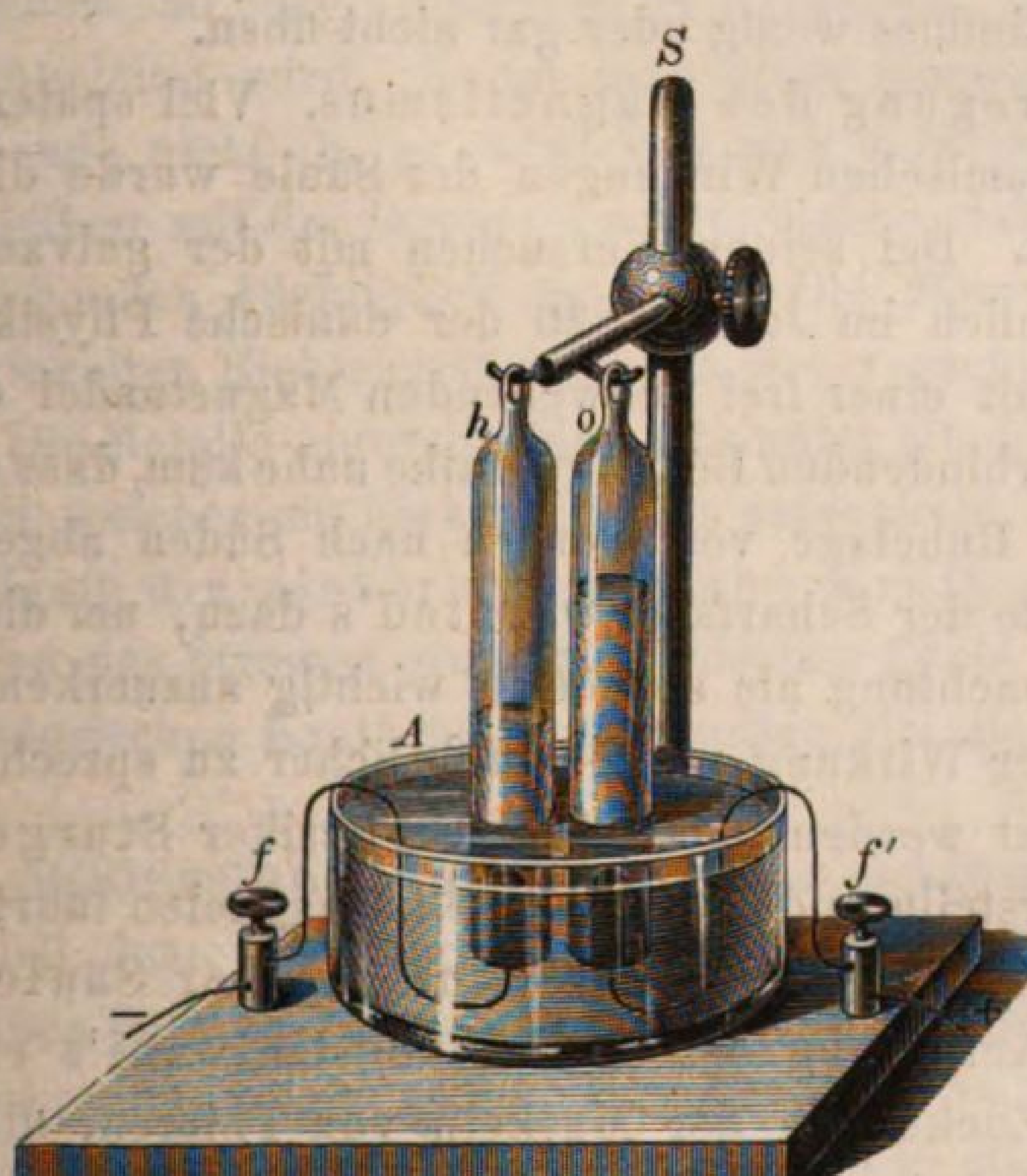
Man findet unter den Wirkungen der Säule auch gewöhnlich die Lichterscheinungen angeführt, und der Leser wird erkennen, dass dies nicht mit Unrecht geschieht, doch sind alle diese Lichterscheinungen eben immer die Folge des Glühens der Körper, also der Wärmeerregung. Berührt man nämlich die beiden Enden des Schliessungsdrahtes, so dass der Strom zu Stande kommt und entfernt sie dann wieder von einander, so entsteht die Lichterscheinung, die wir einen Funken nennen. Derselbe besteht aber aus weiter nichts als kleinen Theilen des Drahtes, welche beim Entfernen der Enden von einander, von dem einen zum anderen Ende in glühendem Zustande übergeführt werden. Nimmt man bei einer starken Säule als Verbindung Kupferdrähte und entfernt dieselben nach der Berührung ein wenig von einander, so sieht man dauernd einen hellen grünen Funken, der um so intensiver ist, je stärker die Säule. Am schönsten ist diese Glüherscheinung bei Kohlenspitzen, deren übergeführte Theilchen mit weissem Lichte glühen. Mit ihnen erzeugt man das sogenannte elektrische Licht. Noch mag kurz erwähnt werden, dass diese Eigenschaft der Wärmeerregung auch das Mittel ist, Schiesspulver auf beliebige Entfernung zu entzünden und so ohne Gefahr z. B. Felsen zu sprengen.

b. Die chemische Zersetzung. Wir müssen die Entdeckung des Galvanismus gerade deshalb für so höchst wichtig erklären, weil

er die Kraft besitzt, flüssige Körper, oder solche welche in Flüssigkeiten aufgelöst sind, in seine Bestandtheile zu zersetzen.

Bei ihren Experimenten mit der galvanischen Säule im Jahre 1800 bemerkten die beiden englischen Physiker Nicholson und Carlisle den charakteristischen Geruch des Wasserstoffgases und wurden dadurch veranlasst, den Strom durch Eintauchen beider Pole des Verbindungsdrahtes in ein Gefäss mit Wasser zur Zersetzung des Wassers in seine Bestandtheile, Sauerstoff- und Wasserstoffgas, zu verwenden, welcher Versuch aufs Glänzendste gelang. Will man beide Gase frei erhalten, so müssen die eingetauchten Enden der Zuleitung aus Platinplatten bestehen, weil die meisten anderen Leiter sich durch den frei werdenden Sauerstoff oxydiren. Die Fig. 14 stellt einen Wasserzer-

Fig. 14.



setzungsapparat dar, wie er gewöhnlich zu diesem Zwecke benutzt wird. *h* und *o* sind zwei oben geschlossene Gläschen, welche die beiden an den Polen sich entwickelnden Gasarten über Wasser aufnehmen. Das Glasgefäss in das sie, mit Wasser gefüllt, gestürzt sind, enthält gesäuertes Wasser. Die übrigen Theile sind von selbst verständlich. So war das Wasser, das man bis dahin noch nicht direkt in seine Bestandtheile hatte zerlegen können, obgleich man es aus demselben bereits zusammengestellt hatte, der erste Körper, welcher durch die galvanische

Säule zersetzt wurde. Man erkennt aus der Zeichnung, dass das Volumen des einen Gases, nämlich des Wasserstoffes, doppelt so gross ist, als das des Sauerstoffes.

Eine solche Zersetzung findet nun mit einer jeden Flüssigkeit statt, durch die überhaupt ein Strom geleitet werden kann, und die aus mehreren einfachen Stoffen besteht, so dass man dadurch zu der Ansicht geführt ist, dass eben der Einfluss des chemischen Vorgangs die Ursache des galvanischen Stromes sei.

Da die Menge des zersetzten Wassers in einer bestimmten Zeit der Stärke des angewandten Stromes proportional ist, so hat man diese Wirkung als Mittel der Strommessung benutzt, obgleich dasselbe viele Mängel hat. Durch das Einschalten eines solchen Messapparates in den Stromkreis wird nämlich der Strom selbst erheblich geschwächt, und man bedient sich deshalb gewöhnlich anderer Apparate, welche diesen schwächenden Einfluss wenig oder gar nicht üben.

c. Die Erregung des Magnetismus. Viel später als die Entdeckung der chemischen Wirkungen der Säule wurde die der magnetischen gemacht. Bei seinen Versuchen mit der galvanischen Säule beobachtete nämlich im Jahre 1820 der dänische Physiker Oersted, als er zufällig mit einer frei schwebenden Magnetnadel dem die Pole einer Batterie verbindenden Leitungsdrathe nahe kam, dass diese Magnetnadel aus ihrer Ruhelage von Norden nach Süden abgelenkt wurde. Natürlich gehörte der Scharfsinn Oersted's dazu, um diese scheinbar unwichtige Beobachtung als so höchst wichtig anzuerkennen. Da wir später von dieser Wirkung noch ausführlicher zu sprechen haben, so mag nur bemerkt werden, dass sie den Physiker Sturgeon im Jahre 1825 zu der Herstellung des ersten Elektromagneten führten.

d. Die physiologischen Wirkungen der Säule. Wir haben bereits bei der Anführung der Entdeckung Galvani's erwähnt, dass durch Influenz Zuckungen der Muskeln von Thieren, die noch nicht lange getödtet sind, hervorgerufen werden. Dasselbe geschieht mittelst des galvanischen Stromes, wenn dieser geschlossen oder unterbrochen wird und sich der thierische oder menschliche Körper in dem Schliessungskreise befindet. Besonders auffallend ist der Geschmack, den man wahrnimmt, wenn man den galvanischen Kreis mit der Zunge schliesst, d. h. wenn man den einen Leitungsdraht unter, den anderen auf die Zunge legt, so dass diese die Verbindung bildet. Was nun die Zuckungen betrifft, so ist die merkwürdigste Erscheinung eben die, dass der Körper auch von dem stärksten Strome fast gar nichts empfindet, so lange derselbe geschlossen ist. Man hat nur beim Schliessen oder Oeffnen diese

Empfindung, welche bei einiger Steigerung Schmerz genannt werden muss. Dubois Reymond hat das Gesetz aller elektrischen Reizversuche so ausgesprochen: „Nicht der absolute Werth der Stromdichtigkeit in jedem Augenblicke ist es, auf den der Bewegungsnerv mit Zuckung antwortet, sondern die Veränderung dieses Werthes von einem Augenblicke zum andern, und zwar ist die Anregung zur Bewegung, welche diesen Veränderungen folgt, um so bedeutender, je schneller sie bei gleicher Grösse vor sich gingen, oder je grösser sie in der Zeiteinheit waren.“ —

5. Die elektromotorische Kraft. Wir haben gesehen, dass die eigentliche Quelle der Elektricität der galvanischen Säule die Berührung zweier Metalle ist. Zwischen je zwei Metallen, ganz gleich, wie gross ihre Berührungsstelle ist, wird dauernd dieselbe Menge Elektricität entwickelt, so lange dieselben in Berührung bleiben, und die Elektricität abgeleitet wird. Leitet man diese momentan entwickelte Elektricitätsmenge nicht ab, so entwickelt sich keine neue Elektricität, die Metalle bleiben mit der ihrem eigenthümlichen elektrischen Gegensatze entsprechenden Dichtigkeit geladen. Die Menge der in jedem Moment entwickelten Elektricität ist aber bei verschiedenen Metallen verschieden. Die Metalle unterscheiden sich unter einander in der Grösse der Kraft, mit welcher sie Elektricität zu entwickeln vermögen. Man nennt diese Kraft die elektromotorische Kraft. Es leuchtet ein, dass die Stärke des Stromes einer galvanischen Säule von der Grösse der elektromotorischen Kraft der angewandten Metalle abhängt.

6. Der Widerstand der Säule. Die elektromotorische Kraft kommt nun bei dem galvanischen Strome nie ganz zur Wirkung, die Stärke desselben ist noch von manchen anderen Bedingungen abhängig, zu deren Besprechung wir später zurückkehren werden. Ein jeder Strom wird vor Allem geschwächt dadurch, dass er einen Leiter durchströmt. Man sagt, ein jeder Leiter setze dem Strome einen Widerstand entgegen, den man daher den Leitungswiderstand nennt. Man spricht von einem Leitungswiderstand in der Säule und einem ausser der Säule. Wir haben nämlich bereits gesehen, dass die Plattenpaare, Erregerplatten, der Säule durch einen feuchten Leiter von einander getrennt sind, den der Strom durchlaufen muss. Dieser Leiter bietet dem Strome einen Widerstand, der um so grösser ist, je dicker diese Schicht des feuchten oder flüssigen Leiters zwischen den Platten ist. Diesen Widerstand nennt man den in der Säule, dagegen heisst

der durch die Verbindung beider Pole bewirkte der ausserhalb der Säule.

Zu diesem Widerstand der Flüssigkeitsschicht in der Säule kommen nun unter Umständen in der Säule noch besonders zwei die Stromeskraft schwächende Ursachen, nämlich der Uebergangswiderstand und die Polarisation, welche beide durch die chemischen Wirkungen des Stromes hervorgerufen werden.

7. Der Uebergangswiderstand. Die chemische Verbindung der Stoffe hat ihren Grund in der Verschiedenheit des elektrischen Zustandes derselben. Sämmtliche Grundstoffe lassen sich nämlich in eine sogenannte Spannungsreihe ordnen, in der der Sauerstoff als der elektro-negativste und das Kalium als der elektro-positivste Körper auftritt. Stellen wir den Sauerstoff obenan, so ist in dieser Reihe jeder folgende Stoff gegen den vorhergehenden positiv elektrisch und also jener gegen diesen negativ elektrisch. In dieser Reihe liegt das Gesetz, nach dem die Verbindungen vor sich gehen. Die Körper verbinden sich nämlich um so inniger mit einander, je weiter sie in der Spannungsreihe von einander stehen. Und wenn die Verbindung mehrerer Körper freisteht, so verbinden sich diejenigen mit einander, die in der Spannungsreihe am fernsten von einander liegen.

Da nun die Ursache der chemischen Verbindung der elektrische Gegensatz der Stoffe ist, so muss ein stärkerer Gegensatz dieser Art, die Verbindung aufzuheben im Stande sein. Einen solchen stärkeren elektrischen Gegensatz ruft nun aber der galvanische Strom hervor, und deshalb ist dieser ein Mittel chemische Verbindungen, die er durchdringen kann, zu zersetzen. Leitet man durch Wasser den galvanischen Strom, so wird dies durch denselben zerlegt. Es scheidet sich am negativen Pole der positive Wasserstoff und am positiven Pole der negative Sauerstoff des Wassers aus. Eine ähnliche Zersetzung erleiden alle flüssigen oder gelösten Körper, immer scheidet sich der elektronegative Stoff am positiven Pole und der elektro-positive am negativen Pole aus.

Durch diese chemische Wirkung des elektrischen Stromes wird nun die Wirkung der Säule geschwächt.

„Der Einfluss der chemischen Zersetzung durch den Strom (Elektrolyse)“, sagt Wiedemann[1]), „auf den Widerstand desselben zeigt sich namentlich deutlich, wenn einer der aus dem zersetzten Stoffe

[1]) Galvanismus pag. 429.

(Elektrolyte) abgeschiedenen Körper (Jonen) sehr schlecht leitet, oder wenn eins der Jonen sich mit der Elektrode zu einer schlecht leitenden Verbindung vereint, und so die Elektrode mit einer dichten, schlecht leitenden Schicht überzogen wird. — Auf diese Weise entsteht also durch die Elektrolyse in vielen Fällen in der Leitung ein besonderer Widerstand, den man den Uebergangswiderstand nennt, da er sich an der Stelle erzeugt, wo der Strom von den Elektroden in den Elektrolyt übergeht." Derselbe Einfluss findet auf den Erregerplatten statt, wenn die Flüssigkeit zwischen denselben die genannte Beschaffenheit hat.

8. Die Polarisation. Man wird einsehen, dass der Uebergangswiderstand, wenngleich seine primäre Ursache eine chemische ist, selbst doch nach der chemischen Umwandlung der Stoffe eine rein mechanische Wirkung übt und somit denselben Charakter hat, wie der Leitungswiderstand überhaupt. — Anders verhält es sich nun mit der Polarisation. Ist z. B. wie bei dem zuletzt beschriebenen Becherapparat von Volta die leitende Flüssigkeit eine Salzlösung, so wird beim Hindurchgehen des Stromes durch diese Lösung das Wasser zersetzt, der Sauerstoff sammelt sich an der positiven, der Wasserstoff an der negativen Erregerplatte. Ist nun, wie gewöhnlich, die positive Platte Zink, so bildet sich dort Zinkoxyd, dagegen sammelt sich an der hier angewandten Silberplatte eine Schicht von Wasserstoffblasen an. Diese Schicht von Wasserstoff bildet aber mit der Silberplatte einen neuen elektrischen Gegensatz, es wird eine neue elektromotorische Kraft erregt, welche einen Strom im entgegengesetzten Sinne des Stromes der Säule erzeugt, und mithin diesen schwächen muss. Es wird also durch diesen Vorgang, der sich auch noch unter manchen andern Bedingungen zeigt, eine neue Polarität hervorgerufen und deshalb hat man denselben eben Polarisation genannt.

9. Die Arten der galvanischen Säulen. Die ersten der galvanischen Säulen zeigten sämmtlich diese Polarisation in hohem Grade, sie gaben daher Anfangs einen ganz starken Strom, allein bald sank derselbe um ein Bedeutendes, wenn die Erregerplatten anfingen sich mit der Gasschicht zu überziehen, und wurde allmälig immer kleiner. Durch diese schlechte Eigenschaft der ersten Säulen ward es unmöglich, irgend eine sichere auf einen gleichmässigen Strom sich gründende Untersuchung anzustellen. Man nannte daher diese Ketten inconstant. Daniel war der Erste, welcher eine constante Säule erfand, eine

Säule, bei der die Polarisation vermieden wurde, und hierin besteht der Hauptfortschritt, der seit Volta in Verbesserung der galvanischen Säulen gemacht worden ist.

§ 3.

Die galvanischen Säulen.

A. Inconstante Säulen.

1. Der Trogapparat. Nachdem man den von Volta angegebenen Becherapparat, wo die beiden Metalle Zink und Silber waren, dahin umgeändert hatte, dass das Silber durch Kupfer ersetzt war, construirte man bald den sogenannten Trogapparat. Bei diesem vertritt ein langer, schmaler, in gleiche Zellen abgetheilter Trog die Stellen der Tassen (Becher)[1]. An einander gelöthete Platten Zink und Kupfer bilden die Wände der Zellen, und zwar sind die Plattenpaare so gestellt, dass sich in jeder Zelle an der einen Seite Kupfer, an der anderen Seite Zink in regelmässiger Folge findet. Die Plattenpaare sind an drei Seiten an die Wände des Troges so genau gekittet, dass die Flüssigkeit, mit der man die Zellen ausgiesst, keinen Durchgang von einer Zelle zur anderen findet.

Man sieht leicht ein, dass ein solcher Apparat viele Unbequemlichkeiten hat, sowohl wegen des Reinigens der Platten, als auch wegen des Kittens derselben an den Seitenwänden.

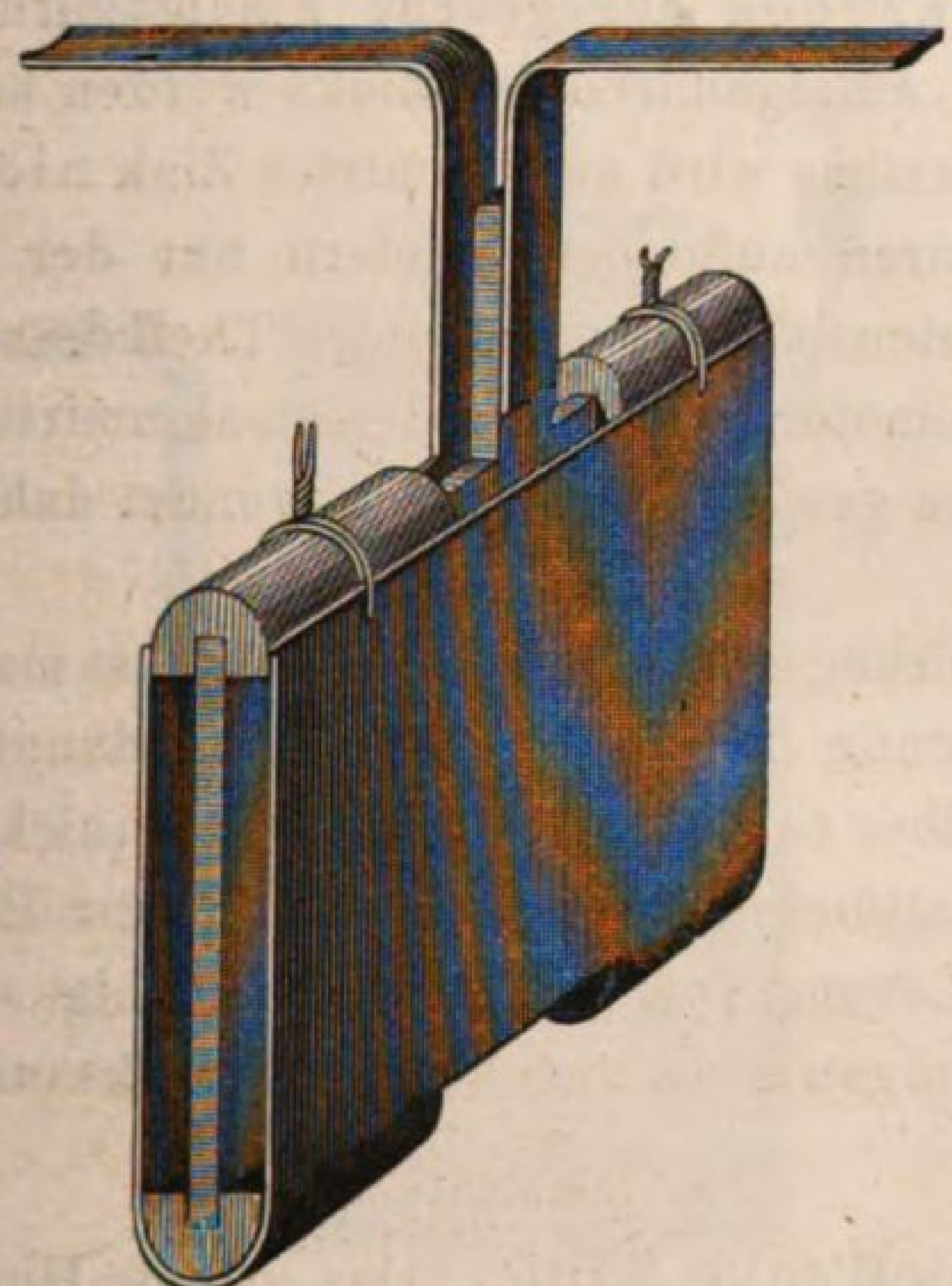
Wilkinson hat daher den Trogapparat später dahin abgeändert, dass die Zellen des Trogs mittelst hölzerner Zwischenwände geschieden wurden, die mit einer nicht leitenden Harzschicht überzogen waren. Die Kupfer- und Zinkplatten konnten besonders herausgehoben werden, und es war nur Sorge zu tragen, dass, wenn der Apparat zusammengestellt war, keine Berührung zwischen den correspondirenden Flächen von Kupfer und Zink stattfand.

2. Die Wollaston'sche Batterie. Wollaston änderte die einzelnen Elemente des eben beschriebenen Apparates dahin ab, dass er beiden Zinkflächen gegenüber gleich grosse Flächen von Kupfer brachte, was einfach in der Weise geschah, dass er ein Kupferblech um beide Seiten des Zinkblechs herumbog, so dass ein einzelnes Element die Form der Fig. 15 erhielt.

[1]) Gilbert Ann. 36 pag. 3.

„Die kleinste Batterie“, sagt Wollaston[1]), „die ich nach diesem Grundsatze ausgeführt habe, bestand aus einem Fingerhute, aus dem ich den Boden herausgenommen, und den ich dann platt geklopft hatte, so dass die beiden gegenüberstehenden Wände desselben nur ungefähr noch um $4{,}3^{mm}$ von einander entfernt waren. Sie hatten unten eine Länge von ungefähr $2{,}6^{cm}$, oben von ungefähr 2^{cm}, und ihre Höhe betrug nicht über $2{,}3^{cm}$, daher eine Zinkplatte, welche bestimmt war, in den

Fig. 15.



abgeplatteten Fingerhut hineingeschoben zu werden, nicht ganz eine Grösse von $5{,}1\square^{cm}$ haben durfte.

„Bevor die Zinkplatte hineingeschoben wurde, löthete ich an sie einen kleinen Apparat von Drähten fest, welcher dazu bestimmt war, den galvanischen Kreis hervorzubringen.“ Darauf ward das Zink mit Siegellack zwischen den Wänden des Fingerhutes befestigt, so dass keine direkte Berührung beider Metalle stattfand.

3. Amalgamirtes Zink. Säulen ähnlicher Art, zuweilen in sehr grossem Format, wie z. B. die von Childern[2]), der $1{,}9^{m}$ lange, 84^{cm} breite Platten anwandte, sind in den verschiedensten Abänderungen construirt worden, ohne dass deshalb ein erheblicher Fortschritt gemacht worden wäre. Gewöhnlich waren die Füllungen der Säulen mit verdünnten

[1]) Gilbert Ann. 54 pag. 3. [2]) Gilbert Ann. 52 p. 354.

Säuren, durch die das verwandte Zink, auch wenn die Säule nicht in Thätigkeit ist, aufgelöst und ausserdem eine so grosse Menge Gas entwickelt wird, dass, wie Warren de la Rue bemerkt, er eine Batterie von 100 Paaren nicht zur Zersetzung von Alkalien oder zur Schmelzung von Metallspitzen benutzen konnte, sobald sie mit Säure geladen war, weil die momentane Kraft erschöpft ist, ehe die Batterie zur Wirksamkeit gebracht werden kann"[1]).

Als nächsten Fortschritt in der Construction der Säulen müssen wir die durch Sturgeon angegebene Amalgamirung des Zinks betrachten[2]). Durch Amalgamiren des Zinks werden besonders zwei Vortheile erreicht. Erstens wird amalgamirtes Zink nicht an und für sich in verdünnten Säuren aufgelöst, sondern nur der galvanische Strom löst einen seiner Intensität entsprechenden Theil desselben auf; zweitens ist aber die elektromotorische Kraft des amalgamirten Zinks bedeutend grösser als die des gewöhnlichen. Man wendet daher auch jetzt amalgamirtes Zink an.

Die Amalgamirung geschieht einfach so, dass man den Zinkcylinder Behufs der Reinigung in ein Gefäss mit verdünnter Salzsäure, und darauf in Quecksilber taucht, wodurch die Verquickung in sehr kurzer Zeit vollständig stattfindet. Noch bequemer ist ein Eintauchen des Zinkcylinders in eine Lösung von Quecksilber in Königswasser, der hernach noch eine dem Königswasser gleiche Menge Salzsäure zugesetzt ist.

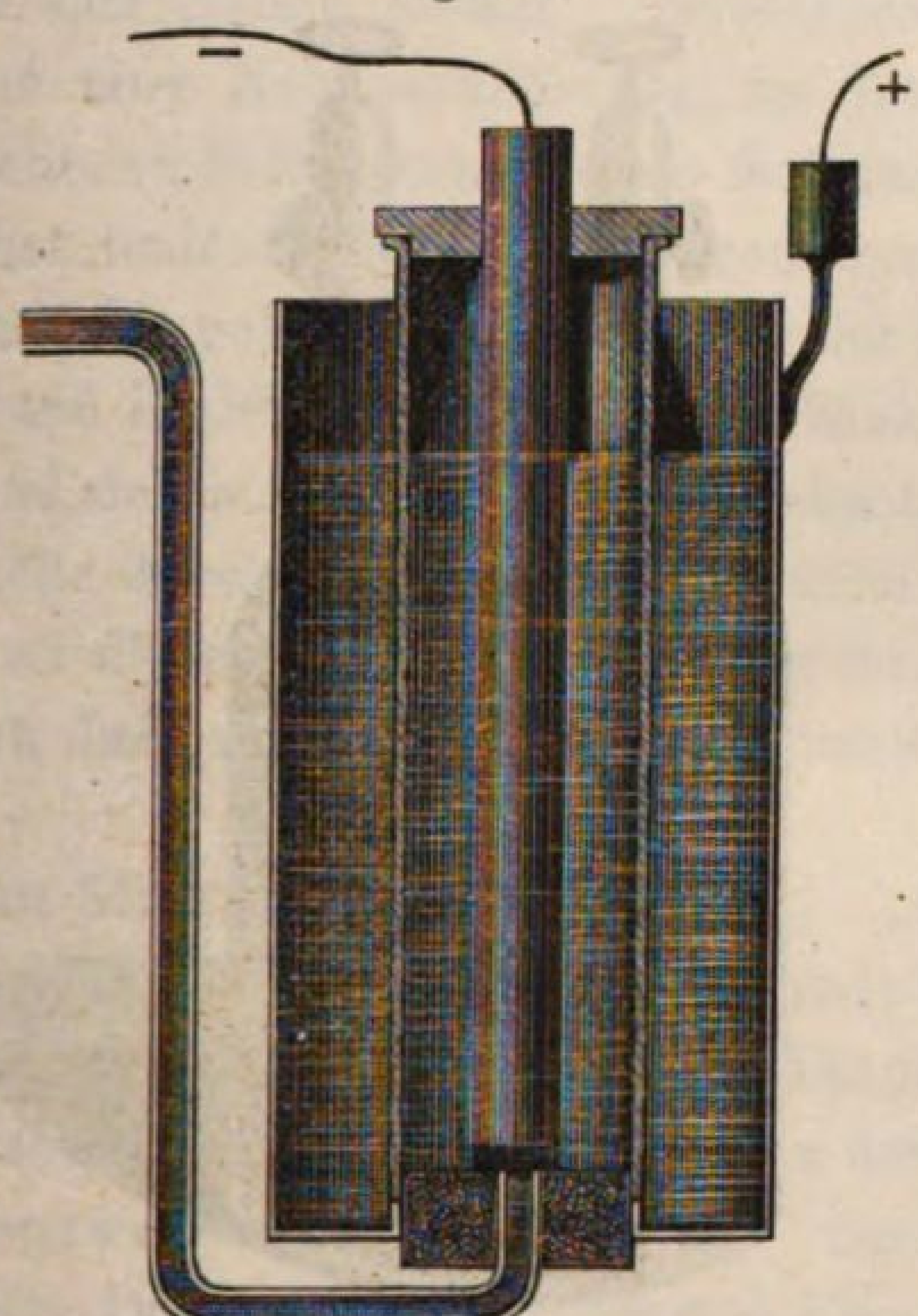
B. Constante Säulen.

4. Die Daniell'sche Säule. Das grösste Hinderniss der Säulen blieb bei den bisher genannten galvanischen Apparaten die schon früher besprochene Polarisation, in Folge deren sich an der Kupferplatte Wasserstoffblasen ansetzen, sobald man das wirksamste Mittel für die Säulen, die verdünnten Säuren anwendet. Diesem Uebelstande half nun Daniell[3]) durch die von ihm erfundene Volta'sche Combination vollkommen ab. Das Wesen der Daniell'schen Kette besteht darin, dass man jede der beiden Erregerplatten in eine besondere Flüssigkeit taucht, durch welche die Polarisation verhindert wird. Beide Flüssigkeiten sind von einander durch eine poröse Wand getrennt, welche das Zusammenfliessen beider Flüssigkeiten, nicht aber den Durchgang des electrischen Stromes, hindert. Zu diesem porösen Gefäss dienten bei den zuerst von Daniell construirten Elementen Ochsengurgeln. Diese wurden mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt, und in dieselben wurde

[1]) Pogg. Ann. 40 p. 629. [2]) Rechearches 1830; Wiedemann, Galvanismus p. 253. [3]) Phil. Trans. 1835 part. I. pag. 107; Pogg. Ann. 42 pag. 272.

eine amalgamirte Zinkstange hineingestellt. Die kupferne Erregerplatte diente zugleich als Gefäss, hatte also unten einen Boden, zwischen sie und die Ochsengurgel hinein ward eine concentrirte Lösung von Kupfervitriol gegossen. Von einem jeden der Kupfergefässe ging ein Bügel nach der Zinkstange des nächsten Elementes. Die Fig. 16 stellt den Querschnitt eines der ersten Daniell'schen Elemente dar, bei welchem noch die in der Mitte abwärts führende hebeartige Glasröhre zu bemerken

Fig. 16.



ist, durch die das an der Oberfläche sich bildende Zinkoxyd abfloss, während von oben her durch einen Trichter in abgepasster Menge frische Säure zufloss.

Wurde diese Säule geschlossen, so entstand kein Gas, weder am Zink noch am Kupfer. Das zum Kupfer geführte Wasserstoffgas wird von dem Sauerstoff des zersetzten Kupferoxyds aufgenommen und am Kupfer schlägt sich reines Kupfer nieder. Die Verbindung des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff des Kupferoxyds giebt wieder Wasser, und wenn daher in der Lösung Krystalle von Kupfervitriol überschüssig vorhanden sind, so werden deren von dem entstandenen Wasser gelöst und die Lösung bleibt concentrirt. Durch dieses Mittel war es erreicht, dass nun die Säule constant blieb, nur in der ersten Viertelstunde wurde sie etwas schwächer, weil durch einen Rückstand von örtlicher Wirkung sich etwas Wasserstoffgas am Zink ansetzte, eine Beobachtung, die man jetzt noch

immer an dem Zink aller Säulen macht. Abgesehen von dieser geringen anfänglichen Abnahme der Kraft zeigte sich die Säule nach 4 Stunden Schliessung nicht im Geringsten geschwächt.

Die Form, welche man jetzt den Daniell'schen Elementen giebt, ist in Fig. 17 dargestellt. Der innere Cylinder besteht aus amalgamirtem Zink, welches in dem mit verdünnter Schwefelsäure gefüllten porösen Thoncylinder steht. Dieser ist umgeben von dem Kupfercylinder, der

Fig. 17.



mit den beiden zuvor genannten Theilen in dem mit Kupfervitriollösung gefüllten Glase steht. Die Kupfervitriollösung muss stets concentrirt gehalten werden, während die verdünnte Schwefelsäure gewöhnlich zwischen 5 und 10% Schwefelsäurehydrat enthält. Zwar leitet die verdünnte Säure erst bei 30 bis 40% Säuregehalt am besten, allein man wendet eine so grosse Concentration deshalb nicht an, weil dieselbe die Zinkcylinder sehr angreift, wenn diese an irgend einer Stelle nicht gut amalgamirt sein sollten. — In Bezug auf diese Amalgamation der Zinkcylinder überhaupt ist hier noch zu bemerken, dass dieselben, wenn sie eine Zeit lang gebraucht und dann an der Luft getrocknet sind, ein Aufbrausen zeigen, das man der ungenügenden Amalgamirung zuschreiben könnte. Nickles sagt[1]), dass dieses Aufwallen seinen Grund in dem an der Luft gebildeten kohlensauren Zinkoxyd, wie in wenigem

[1]) Dingler's Journ. 127 p. 436; Wiedemann, Galvanismus p. 259.

Schwefelzink habe, welches unter dem Einfluss organischer Substanzen und fauler Ausdünstungen entsteht. Man überzeugt sich leicht, dass das metallische Zink keinen Theil an diesem Brausen hat, weil unter den dabei aufsteigenden Gasen sich kein Wasserstoff entwickelt.

Zuweilen geschieht es, wie Place bemerkt, dass bei anhaltendem Gebrauch die Thoncylinder an der dem Kupfer zugewandten Seite sich mit compactem, metallischem Kupfer überziehen. Man findet, dass an diesen Stellen die Thonzelle gänzlich durchwachsen ist, so dass dieselbe brüchig wird und der Boden abfällt. Ausserdem bilden aber diese metallischen Fäden eine Nebenschliessung, so dass die Wirkung des Elementes im gegebenen Schliessungsbogen fast ganz verschwindet und nebenbei ein höchst bedeutender Zinkverbrauch stattfindet[1]). Dieser Niederschlag hat mit der galvanischen Wirkung der Kette nichts gemein, sondern seinen Grund in den Metallen, die dem Zink als Verunreinigung beigemischt sind und sich metallisch am Boden absetzen. Hier wird dann aus dem die Thonzelle durchziehenden Kupfervitriol metallisches Kupfer abgeschieden und so diese Bildung zu Stande gebracht, welche Place dadurch verhindert, dass er den Boden der Thonzelle mit Wachs tränkt.

5. Kette von Siemens und Halske[2]). „Das einzige Mittel", sagt Siemens, „die erwähnten Mängel der Daniell'schen Batterie zu beseitigen, scheint in der Verbesserung der Diaphragmen zu liegen. Halske und ich haben nach vielen Versuchen in der durch concentrirte Schwefelsäure umgewandelten Pflanzenfaser einen Stoff gefunden, welcher die von dem Diaphragma geforderten Eigenschaften in hohem Grade besitzt. Durch dieselben wird die Vermischung der Flüssigkeiten vollständig verhindert, die Wirkung der Kette bleibt viele Monate lang constant, und es findet durchaus kein chemischer Verbrauch von Kupfervitriol und Zink in ihr statt".

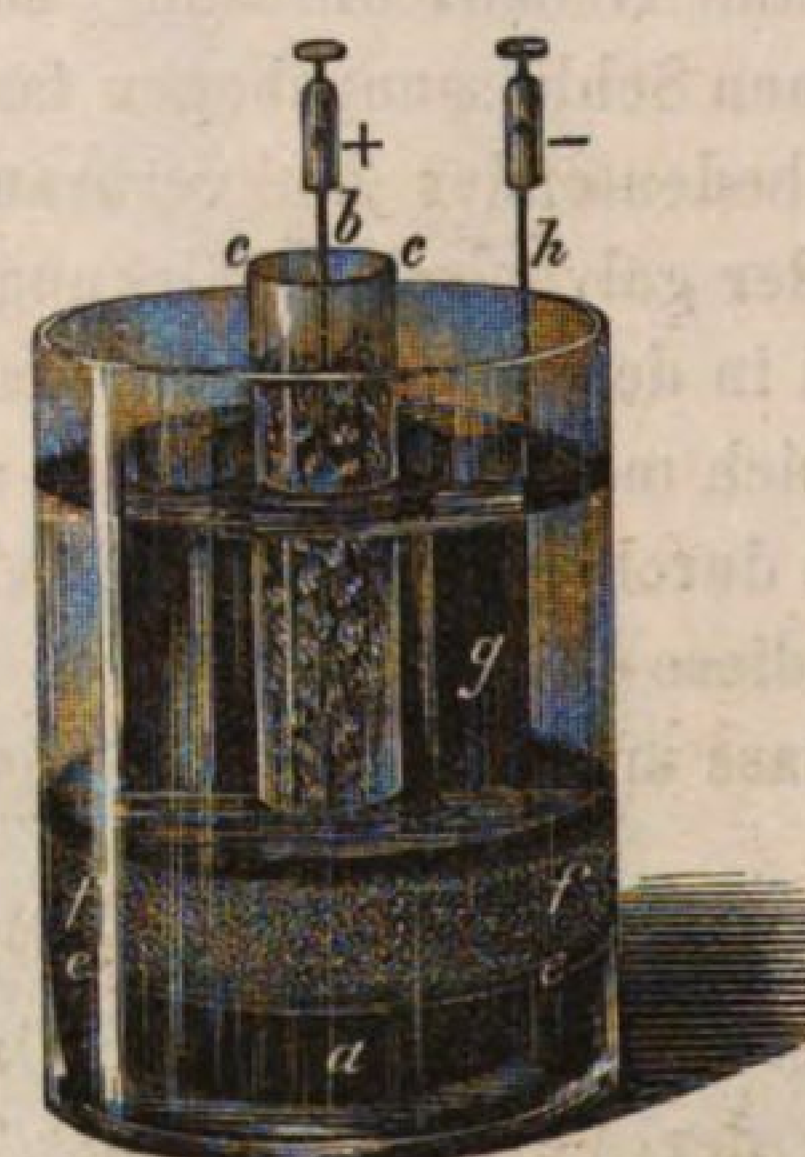
Die Fig. 18 zeigt ein solches Element. In dem Glas steht in der Mitte ein Thoncylinder *c*, der unten kapselartig erweitert und an seinem oberen engeren Theile aussen glasirt ist. *a* ist ein strahlenförmig gebogener Kupferstreifen, dessen Breite der Höhe des unteren Cylindertheils entspricht, *b* der an demselben befestigte Leitungsdraht. *e* ist eine dünne Pappscheibe, *f* das Diaphragma aus Papiermasse, *g* ein dicker Zinkring mit der Klemme *h*. Die aus der Papierfabrik bezogene Papiermasse wird gut ausgepresst und darauf mit einem Viertel ihres Gewichts englischer Schwefelsäure übergossen und so lange umgerührt, bis die ganze Masse

1) Pogg. Ann. 100 pag. 590. 2) Brix Journ. VI. pag. 53.

eine homogene klebrige Struktur angenommen hat. Darauf wird sie mit der vierfachen Menge Wasser durchgearbeitet, dann in einer Presse von dem überflüssigen Wasser befreit und zu ringförmigen Scheiben gebildet, welche den Zwischenraum zwischen den Wänden des Glases und des Glasrohrs vollständig ausfüllen.

Der innere Thoncylinder *b* wird mit Kupfervitriolkrystallen und Wasser gefüllt, und ebenso wird in das Glas ausserhalb des Thoncylinders *b* Wasser gegossen, dem Anfangs etwas Säure oder Kochsalz zugesetzt

Fig. 18.



wird. Der Raum um das Kupferblech sättigt sich bald mit Kupfervitriollösung, und die aus derselben durch den Strom abgeschiedene Schwefelsäure wird zum Zink geführt, so dass sich stets neues Zinkvitriol bilden kann.

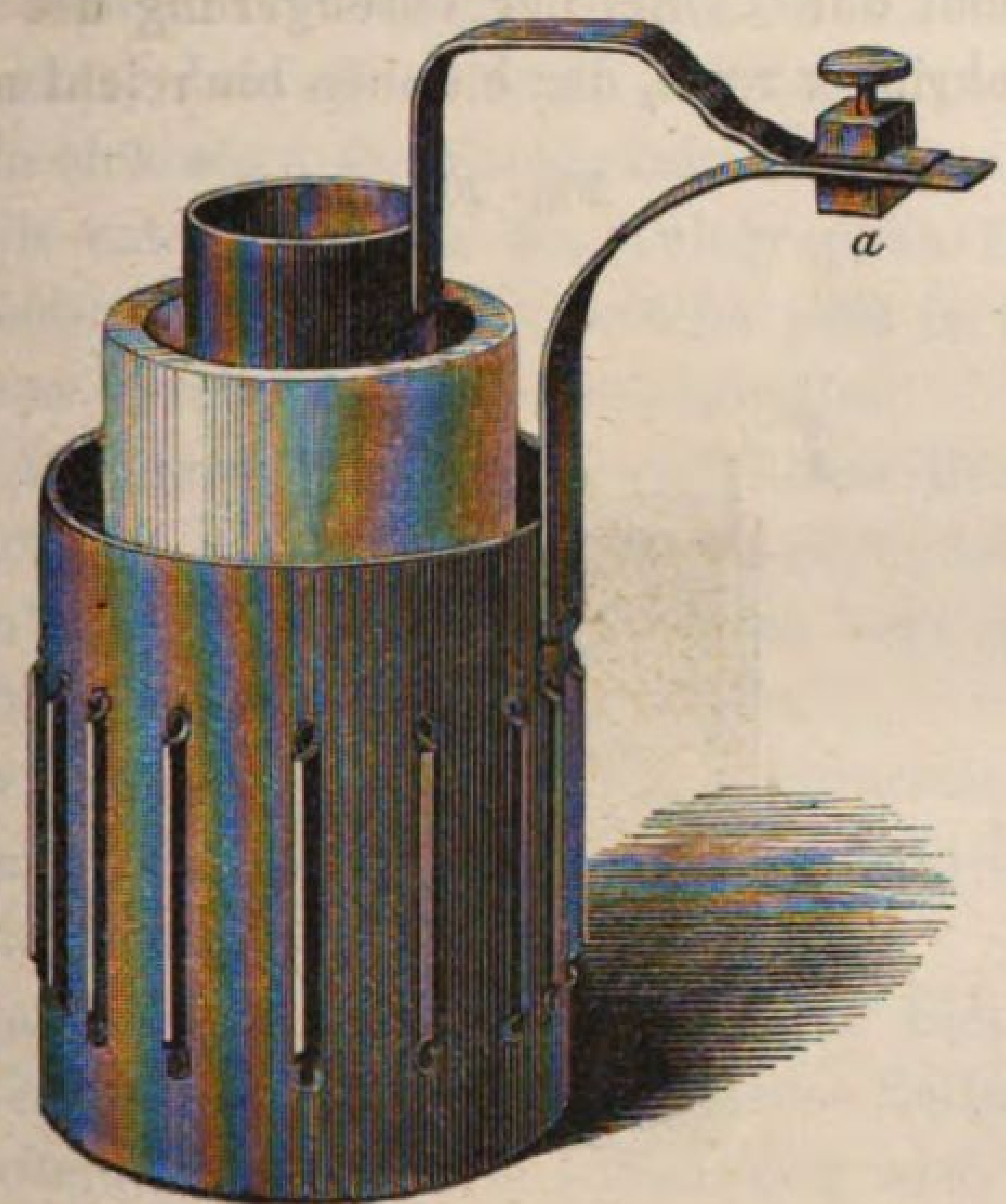
Der Widerstand dieses Elements ist nicht viel grösser, als der von den gebräuchlichen Daniell'schen Elementen mit hart gebrannten Thonzellen. Sie eignen sich daher zu allen Linienbatterien, haben aber als Lokalbatterien in der Regel zu grossen Widerstand. Dieses Element wird gegenwärtig auf der Indoeuropäischen Telegraphenlinie benutzt und braucht erst nach 12—14 Monaten vollständig erneuert zu werden.

6. Die Kramer'sche Säule. Um dem vorn bemerkten Uebelstande der Kupferablagerung an der Thonzelle abzuhelfen, hat Kramer die Kupferplatte des Daniell'schen Elementes verdoppelt, so dass das von ihm hergestellte Element folgende Einrichtung hat.

In einem Glase befindet sich zunächst den Wänden desselben der Zinkcylinder, welcher eine Thonzelle umschliesst. In dieser Thonzelle

steht ein Kupfercylinder, der ringsherum nach aussen hin aufgebogene Längsschlitze hat, in diesem Cylinder steht eine zweite Thonzelle und in dieser ein zweiter ganz geschlossener Kupfercylinder, so dass der Theil, welcher dem einfachen Kupfercylinder des Daniell'schen Elementes entspricht, das Ansehen hat, wie es Fig. 19 zeigt[1]). Die beiden Kupfercylinder sind mit einander mittelst einer Klemme bei *a* verbunden. Der

Fig. 19.



innere Kupfercylinder wird mit Krystallen von Kupfervitriol und alle übrigen Räume des Glases mit in dem Verhältniss von 1 : 100 verdünnter Schwefelsäure gefüllt.

Eine aus solchen Elementen gebildete Säule reicht aus, um die Kramer'schen Apparate in Bewegung zu setzen. Wenn stets eine genügende Menge Kupfervitriol vorhanden ist, und die Gefässe voll verdünnter Schwefelsäure erhalten werden, so kann diese Batterie einige Monate in Thätigkeit bleiben, ehe eine Reinigung nöthig wird.

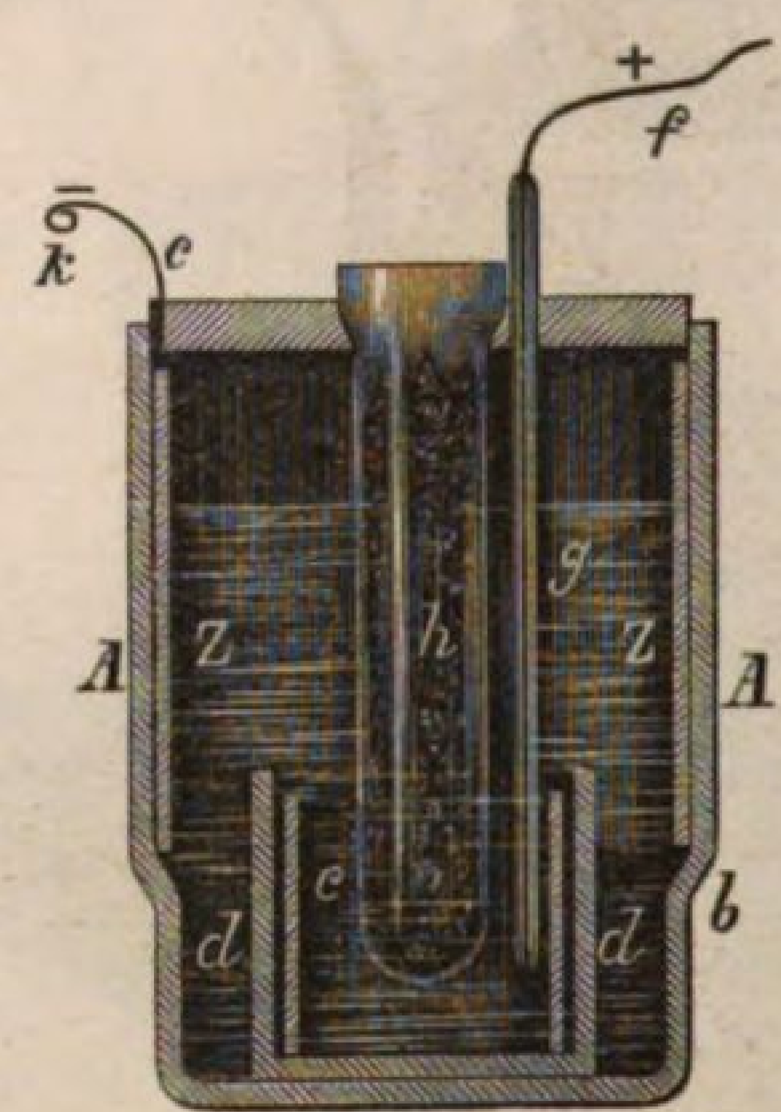
Minotto hat das Daniell'sche Element noch in anderer Weise abgeändert. Er füllt ein Glas zur Hälfte mit pulverisirtem Kupfervitriol, darauf wird eine Kupferplatte gelegt, an der ein isolirter Leitungsdraht befestigt ist. Ueber die Kupferplatte folgt eine kleine Lage Sand, und

[1]) Schellen, der elektromag. Telegraph pag. 26.

darauf ein dickes Stück Zink mit einem Leitungsdrahte. Auf diese Füllung wird Wasser gegossen, bis dasselbe über das Zink hinaufreicht. Dieses Element hält etwa Dreivierteljahr vor bis der Kupfervitriol zersetzt ist.

7. Meidinger's Säule. Meidinger hat eine Einrichtung getroffen, durch die das Diaphragma ganz vermieden ist. Fig. 20 stellt ein solches Element dar [1]. Bei der Verengerung des Glases *b* nimmt dasselbe einen Zinkring *z z* auf, der bis oben hin reicht und sich in einem

Fig. 20.



Kupferstreifen *c* zur Aufnahme der Klemme *k* fortsetzt. Am Boden des Glases steht ein kleines Becherglas *d*, in dem sich ein Kupferblech befindet, von dem aus ein angenieteter Guttaperchadraht *gf* nach oben führt. Der das Glas verschliessende Kork trägt in der Mitte eine unten bis auf eine kleine Oeffnung zugeblasene Glasröhre *h*, in der sich das Kupfervitriol befindet, und die bis fast auf den Boden reicht. Das Glas wird mit verdünnter Lösung von Bittersalz gefüllt.

Der Widerstand dieses Elementes ist viel bedeutender als der eines gewöhnlichen Daniell'schen, weil das Bittersalz schlecht leitet und auch der Abstand der Pole bedeutend ist.

Diese Kette ist in ausgedehntem Maasse in Russland in Anwendung. Nach dem Bericht des Prof. Hughes [2] war daselbst Anfangs die Daniell'sche Kette allgemein in Gebrauch, allein besonders die Beschaffung poröser Zellen zeigte sich sehr schwierig, und die Säule er-

[1] Pogg. Ann. 108 pag. 602. [2] Brix Journal XIII pag. 38.

forderte ausserdem grosse Aufmerksamkeit, da sie etwa alle 8 Tage revidirt werden musste, während die Meidinger'sche Batterie ein volles Jahr arbeitete, ohne irgend welche andere Aufmerksamkeit in Anspruch zu nehmen, als dass hin und wieder etwas Kupfervitriol nachgefüllt wurde. Mit Berücksichtigung des später über die Braunsteinsäule Gesagten verdient wohl die Meidinger'sche Säule überall da Beachtung, wo es darauf ankommt, eine lange Dauer der Wirkung bei einem mässigen Strome von gleichmässiger Stärke zu haben. Nach der Einrichtung ist es klar, dass diese Säule nicht heftige Erschütterungen erleiden kann, da sich sonst die Flüssigkeiten mischen.

Dasselbe gilt von der durch den Telegraphen-Director Krüger abgeänderten Meidinger'schen Säule, welche jetzt in der ganzen deutschen Telegraphen-Verwaltung in Anwendung ist.

Bei dieser Abänderung ist ein gewöhnliches Becherglas benutzt, während der mit drei Nasen versehene Zinkcylinder auf dem obern Rande desselben ruht. Am Boden des Glases liegt ein Bleiblech, von dem aus ein Guttaperchadraht nach oben führt.

Die Kupfervitriolkrystalle werden in die Bittersalzlösung geworfen. Dadurch überzieht sich das Bleiblech mit metallischem Kupfer und wirkt also wie ein Kupferblech.

Callaud hat in dem von ihm construirten Element, welches in Frankreich viel in Anwendung ist, keine poröse Zelle und kein Gefäss für den Kupfervitriol. Als leitende Flüssigkeit wird bei seiner Kette das Zinkvitriol benutzt, welches sich durch den Strom bildet.

8. Die Sand-Batterie. Für solche Zwecke, wo nur ein schwacher Strom nöthig ist, oder der Strom nur selten in Thätigkeit tritt, hat man Vereinfachungen der Batterie in sofern vorgenommen, als man das Diaphragma weglässt und so die Daniell'sche Säule eigentlich auf die Wollaston'sche reducirt. So wendet man in England bei den Nadel-Telegraphen die sogenannte Sand-Batterie an, bei der der Raum zwischen dem Zink und dem Kupfer mit Sand ausgefüllt wird, der mit verdünnter Schwefelsäure befeuchtet ist. Diese Säule dauert ein Paar Monate aus, ehe man sie zu erneuern hat.

Auch Alaunlösung hat man für beide Metalle angewandt bei einer Säule, welche nicht häufig in Thätigkeit kommt. Dieselbe dauert in diesem Falle mehrere Monate, ohne dass man damit etwas zu thun hätte [1]).

[1]) Siehe später Alaun-Batterie Nr. 14.

9. Die Erd-Batterie. Ueber die Erfindung dieser Batterie sagt Steinheil [1]): „Bei der Wiederholung des Experimentes die Erde als Leiter zu benutzen, versah Herr Hofrath Gauss die Enden des Leitungsdrathes auf einer Station mit einer Kupferplatte, auf der anderen mit einer Zinkplatte. Als diese mit der Erde in Berührung kamen, ging ein kräftiger galvanischer Strom durch die ganze Kette. Hier vertrat daher eine circa 1000^m dicke Erdschicht die Stelle des gesäuerten Lappens in der gewöhnlichen Volta'schen Säule". Eine solche Batterie ist für Apparate, welche nur geringer Kraft bedürfen, mit Vortheil anzuwenden, für Morsesche oder Zeiger-Telegraphen ist sie jedoch zu schwach. —

10. Grove's Säule [2]). Nach der Daniell'schen Säule begründet die Grove'sche einen neuen Fortschritt. In ihr wird, wie bei jener, Zink in verdünnter Schwefelsäure angewandt, das Kupfer hingegen ist durch Platin in concentrirter Salpetersäure ersetzt. Die bequemste Einrichtung dieser Säule ist in Fig. 21 dargestellt. Der amalgamirte Zinkcylinder umgiebt die Thonzelle von aussen. Das in der Thonzelle befindliche Platinblech hat jetzt gewöhnlich die von Poggendorf angegebene Form, die Fig. 22 darstellt [3]).

Fig. 21.



Fig. 22.



Damit das Platin die S-förmige Gestalt behalte, wird es in einen Porzellandeckel, in dem sich eine S-förmige Rinne befindet, eingekittet,

[1]) Schuhmacher's Jahrb. 1839 pag. 173. [2]) Compt. rend. VIII. pag. 567; Pogg. Ann. 48 pag. 300. [3]) Pogg. Ann. 54 pag. 425.

und an einem Kupferbügel, behufs der Befestigung der Klemme durch den Deckel weiter geleitet. Man löthet auch wohl an den oberen Rand des wegen seines hohen Preises gewöhnlich sehr dünnen Platinblechs einen Platindrath, von dessen Mitte aus sich ein zweiter rechtwinklig daran befestigter durch eine kleine Oeffnung einer runden Glasplatte nach oben fortsetzt und hier durch die Klemme gehalten wird. Diese Einrichtung ist jedoch deshalb nicht so vortheilhaft, weil dem Ganzen die nöthige Steifheit fehlt, und auch bei einem etwas starken Strom sich der nicht genügend starke Platindraht erwärmt und dadurch den Strom schwächt.

Diese Säule hat vor allen bisher beschriebenen grosse Vorzüge. Nach Poggendorff's Untersuchungen ist nämlich [1]):

1. Die elektromotorische Kraft caeteris paribus 1,8 mal so gross, als die der Daniell'schen Batterie.
2. Bei gleichem Abstand der Metalle von einander ist ihr Widerstand nur halb so gross als der der Daniell'schen.
3. Die Grove'sche Säule liefert 10mal soviel Sauerstoff zur Oxydation des Wasserstoffs, als die Daniell'sche, was, wie wir früher gesehen haben, die Constanz bewirkt. Da nun die Entwickelung des Wasserstoffs mit der Stromstärke steigt, so muss bei starkem Strome die Grove'sche Säule viel länger constant bleiben, als die Daniell'sche.

Callan [2]) ersetzt das Platin der Grove'schen Säule durch platinirtes Blei und gebraucht ein Gemisch aus zwei Theilen concentrirter Salpetersäure und 4 Theilen Schwefelsäure-Hydrat. Die elektromotorische Kraft dieser Säulen ist zwar Anfangs der Grove'schen gleich, allein bei Zusammenstellung einer etwas grösseren Zahl von Elementen, also bei einem starken Strome, hält sich die Platinirung des Bleies nicht, und die Säule verliert dann ihre Wirkung fast ganz. Trotz vieler Mühe ist es d'Heureuse und mir nicht gelungen, den Bleiplatten einen Platinüberzug zu geben, der schon beim Gebrauch von 24 Elementen in Zeit von einer Stunde nicht bedeutend gelitten hätte, so dass der Strom, der Anfangs allerdings dem der Grove'schen Säule nicht viel nachstand, alsdann schon unbedeutend geworden war.

11. **Die Bunsen'sche Kette** [3]). Dieser Säule kommt eigentlich der Name der Cooper'schen zu, denn Cooper war der Erste, welcher

[1]) Pogg. Ann. 57 pag. 101. [2]) Philos. Mag. XXXI. pag. 81; Pogg. Ann. 72 pag. 495. [3]) Pogg. Ann. 54 pag. 417 u. 55 pag. 265.

1840 das Platin der Grove'schen Säule durch Kohle ersetzte[1]), doch hat diese Einrichtung erst durch Bunsen allgemeinere Verbreitung gefunden. Die Fig. 23 giebt eine Ansicht dieser Einrichtung. In der hier gegebenen Zeichnung bildet die Kohle den äusseren Theil, welcher in Salpetersäure steht. Innerhalb des Kohlencylinders steht der poröse

Fig. 23.



Thoncylinder mit verdünnter Schwefelsäure und dem amalgamirten Zinkcylinder. Statt dieses letzteren bedient man sich auch wohl eines massiven gegossenen Zinkklotzes, wie ihn die Figur zeigt.

Bei einer anderen Einrichtung, Fig. 24, nimmt der Zinkcylinder mit der verdünnten Schwefelsäure den äusseren Raum ein, während in der Thonzelle, wie bei den Elementen von Deleuil[2]), ein parallelopipedisches Stück der geeigneten Kohlenmasse in der Salpetersäure steht. An dieser Kohle ist eine starke Messingklemme mit Schraube befestigt, welche oben die Klemmschraube trägt. Diese Art Elemente gewährt den Vortheil, dass die Klemme der Kohle, die durch die Dämpfe der

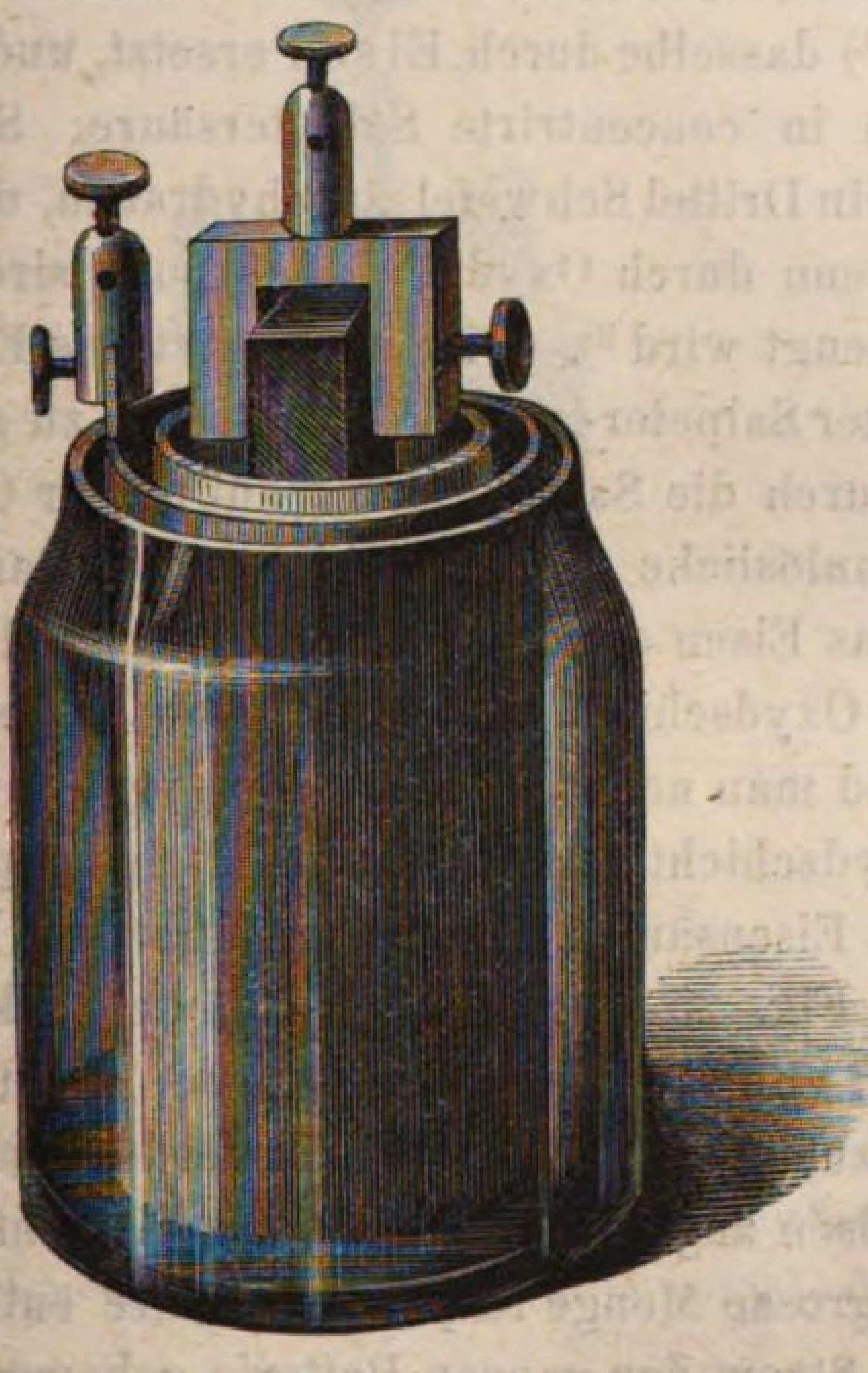
[1]) Philos. Mag. XVI. pag. 35; Pogg. Ann. 49 pag. 589. [2]) Deleuil, Compt. rend. 28 pag. 672.

salpetrigen Säure bedeutend angegriffen wird, weniger mühsam zu reinigen ist.

Die elektromotorische Kraft der Kohlensäule ist ziemlich gleich der der Grove'schen, der Widerstand ist etwas grösser als bei dieser.

Die zu dieser Säule benutzte Kohle wird erhalten, indem man ein Gewicht von 2 Theilen Backkohlen und 1 Theil Coaks in Eisenblech-

Fig. 24.



formen glüht. Die gebrannten Cylinder werden mit einer concentrirten Zuckerlösung oder mit Steinkohlentheer getränkt und in den Formen nochmals zum Weissglühen erhitzt [1]).

Die Bunsen'sche Einrichtung wurde früher in der preussischen Telegraphenverwaltung auch in der Weise angewandt, dass beide Theile, sowohl die Kohle, als das amalgamirte Zink in verdünnte Schwefelsäure gebracht, und die Thoncylinder nur deshalb angewandt werden, damit beide Theile einander nicht berühren. In dieser Art war die auf der Centralstation in Berlin angewandte grosse Linien-Batterie von hundert Elementen zusammengesetzt. Dieselbe blieb volle

[1]) Reisert, Ann. d. Chem. et de Phys. VIII. pag. 35; Wiedemann, Galvanismus p. 266; Bunsen, Pogg. Ann. 55 pag. 265.

vier Wochen in Thätigkeit, ohne dass irgend etwas damit geschah. Nach dieser Zeit wurde die verdünnte Säure erneuert. Diese Säule reichte hin für den ganzen, damals schon nicht unbedeutenden telegraphischen Verkehr von Berlin aus. Auch Grove's Säule wird mit verdünnter Schwefelsäure für beide Metalle angewandt.

12. **Die Zink-Eisensäule.** Wie bei den Bunsen'schen Elementen das Platin der Grove'schen Säule durch Kohle vertreten ist, so hat Hawkins[1]) dasselbe durch Eisen ersetzt, und zwar stellt er dieses, wie das Platin in concentrirte Salpetersäure. Schönbein setzt der Salpetersäure ein Drittel Schwefelsäurehydrat zu, um sie stets concentrirt zu erhalten, wenn durch Oxydation des polarisirenden Wasserstoffs in ihr Wasser erzeugt wird[2]). Callan[3]) setzt das Eisen in eine Mischung von concentrirter Salpeter- und Schwefelsäure zu gleichen Theilen. Das Eisen erhält durch die Salpetersäure auf seiner Oberfläche eine in der Salpetersäure unlösliche Oxydschicht, welche stark elektro-negativ ist, während das Eisen sonst sich positiv verhält. Wegen der Unlöslichkeit dieser Oxydschicht wird das Eisen in der Salpetersäure nicht angegriffen, und man nennt es daher passiv. Durch Umstände, welche eine solche Oxydschicht zerstören, wird auch das passive Eisen activ.

In diesen Eisensäulen giebt man jetzt dem Eisen gewöhnlich die Form, welche Fig. 25 angiebt. Die Säule wirkt im Ganzen ebenso kräftig, wie die von Bunsen oder Grove, allein gewöhnlich währt es damit nicht allzulange. Durch die sich verdünnende Salpetersäure wird plötzlich das Eisen angegriffen (activ), das Element fängt an zu brausen, indem es eine grosse Menge salpetriger Säure entwickelt, und dadurch wird dann der Strom der ganzen Batterie gehemmt.

Bei Anwendung einer Batterie von 30 Elementen, deren 24 Grove-sche und 6 mit Eisen waren, war es mir nicht möglich, dieselbe länger als eine halbe Stunde in gehöriger Thätigkeit zu erhalten. Erst fing ein Element an zu brausen, dann, nachdem dies ausgeschaltet war, zeigte sich ein zweites mangelhaft, und so ging es fort, bis endlich alle Eisenelemente entfernt waren.

13. **Die Eisen-Platinsäule.** Auch als positives Metall statt des Zinks lässt sich Eisen anwenden. Münnich[4]) hat dies zuerst mit amalgamirtem Eisen gethan. Ein Vergleich der Wirkung eines solchen

[1]) Hawkins, Phil. Mag. 15 pag. 115. [2]) Wiedemann, Galvanismus pag. 269.
[3]) Phil. Mag. 33 pag. 49; Pogg. Ann. 75 pag. 128. [4]) Pogg. Ann. 67 pag. 361.

Elementes mit einem Grove'schen ergab bei gleichem Widerstande beider ein Verhältniss der electromotorischen Kraft wie 3 : 5.

Man sieht hieraus, dass man auch eine Batterie herstellen könnte, deren eines Metall amalgamirtes Eisen in verdünnter Schwefelsäure und deren andres Eisen in concentrirter Salpetersäure wäre. Das verschiedene galvanische Verhalten desselben Metalles, denn auch unamalgamirt

Fig. 25.



könnte man das Eisen, freilich nicht mit so gutem Erfolge, anwenden, wird also durch die Berührung desselben mit den verschiedenen Flüssigkeiten bewirkt. Das eine Eisen wird passiv, während das andere activ bleibt, d. h. es bilden dann Eisen und Eisenoxyd den elektrischen Gegensatz.

14. Die Chromsäure-Kette. In Fällen, wo es nicht auf einen dauernd constanten Strom ankommt, ist statt mehrerer der bisher genannten Ketten auch die anwendbar, in der die Salpetersäure durch Chromsäure ersetzt wird. Bunsen hatte zunächst versucht, in seinen Elementen eine Lösung von chromsaurem Kali, oder chlorsaures Kali, auch Braunstein, mit Kochsalz gemischt anzuwenden, hat aber keine gehörig constante Wirkung erhalten. Dieselben Versuche hat man mit der Grove'schen Combination gemacht, hat aber auch nur wenig constante Wirkung erhalten.

Am vortheilhaftesten zeigt sich immer noch die Anwendung von Chromsäure. Nimmt man nämlich ein Gemisch von drei Gewichtstheilen doppelt chromsaurem Kali und vier Gewichtstheilen Schwefel-

säure mit 18 Theilen Wasser, so bildet sich aus dem reducirten Chromoxyd und dem Kali mit der Schwefelsäure Chromalaun. Die Reduktion der Chromsäure zu Chromoxyd geschieht aber dadurch, dass mittelst des Stromes Wasserstoff ausgeschieden wird, der sich mit einem Theile des Sauerstoffs der Chromsäure zu Wasser verbindet. Das nun übrig bleibende Chromoxyd löst sich im Wasser auf, so dass der Experimentator nicht durch die salpetrige Säure, wie bei Anwendung der Grove- oder Bunsen'schen Kette, belästigt wird.

Die Kraft dieser Säule verhält sich zur Grove'schen oder Bunsen'schen folgendermassen:

Bekanntlich kommt es hierbei sowohl auf die Stärke der electromotorischen Kraft, wie auf den Widerstand in der Säule an. Mit dem Wachsen der electromotorischen Kraft wächst die Stromstärke in dem Verbindungsdrahte, während sie mit der Zunahme des Wiederstandes abnimmt. Nun ist die electromotorische Kraft der Grove'schen Säule, wenn in ihr die Salpetersäure durch obige Mischung ersetzt wird, etwa $^2/_3$ der gewöhnlichen Grove'schen Säule, wogegen sich nach Poggendorff die der Bunsen'schen von 100 auf 102,5, nach Buff von 100 auf 109 erhöht. Der Widerstand ist in beiden Fällen grösser. Nach Poggendorff beträgt er $^6/_5$ der Grove'schen und $^{12}/_6$ der Bunsen'schen.

Wir sehen hieraus, dass die Stromstärke der Chrombatterie in beiden Fällen kleiner werden muss, als bei Anwendung der ursprünglichen Elemente. Für solche Fälle jedoch, in denen es nur auf einen kurze Zeit dauernden Strom ankommt, ist das jetzt in Anwendung befindliche Flaschenelement aus den angegebenen Gründen, sowie wegen seiner Einrichtung durchaus vortheilhaft. Diese Einrichtung ist kurz folgende.

In einer Flasche von der Form Fig. 26 reichen in den Hals von dem Deckel herab zwei Kohlenplatten in die Mischung, und zwischen diesen befindet sich eine Zinkplatte, welche an einem Stabe bis über die Flüssigkeit in die Höhe gezogen und so befestigt werden kann. Ist die Zinkplatte herausgehoben, so ist natürlich die Wirkung unterbrochen, kann aber durch Herablassen beliebig wieder hervorgerufen werden.

15. Die Alaun-Batterie. „Die constanteste Säule", sagt Stöhrer[1]), „welche mir bis jetzt vorgekommen ist, erhält man aus einer Zusammensetzung von Kohle mit nicht amalgamirtem Zink, wenn man als Flüssigkeit gesättigte Alaunlösung anwendet. Man kann entweder

[1]) Pogg. Ann. 77 pag. 486.

das Zink in eine Zelle stellen und zur Kohle, sowie zum Zink, Alaunlösung giessen, oder man nimmt eine weite Büchse von hartem Steingut, wie man sie zum Einmachen der Früchte anwendet, und stellt um die innere Wand herum passende Coaksstücke, deren einige mit einem

Fig. 26.



Kupferdraht umwickelt sind. In die Mitte der Büchse stellt man eine Thonzelle, statt deren auch ein Stück Spritzenschlauch dienen kann. Alle übrigen Zwischenräume werden mit grobem Gartensand ausgefüllt. Ein Stück Zink, als Platte oder Kreuz steht in der Thonzelle, deren Inneres ebenfalls mit Sand ausgefüllt wird. Das Ganze begiesst man wie einen Blumentopf statt mit Wasser mit Alaunlösung. Ich habe eine solche Kette aus neun Elementen gesehen, die zwei Jahre lang zur Telegraphie gedient hatte, und fast noch ihre ganze ursprüngliche Stärke besass[4].

„Bei diesen Säulen zeigt sich der Nachtheil, dass sie bei ununterbrochener Schliessung der Leitung, wenn dieselbe einen nicht sehr bedeutenden Widerstand hat, sich bald erschöpfen. Sobald aber die Kette auch nur eine Minute lang geöffnet wird, erholt sie sich wieder. Da ein solches Oeffnen beim praktischen Gebrauche wirklich statt findet, können diese Säulen zur Telegraphie sehr lange dienen, und man hat nur nöthig, höchstens alle Monate eine Begiessung vorzunehmen".

16. **Quecksilber-Batterien.** Doat[1]) wendet Quecksilber in einer Lösung von Jodkalium an und stellt dies einem Bunsen'schen Kohlen-Cylinder in einer Lösung von Jod in Jodkalium gegenüber. Das Quecksilber löst sich in Jod und das gebildete Jodquecksilber löst sich in Jodkalium. Ein Zusatz von Zink zum Quecksilber vermehrt die Wirkung. Nach Jules Regnauld verhält sich die elektromotorische Kraft dieses Elementes zu dem eines Daniell'schen und eines Grove'schen wie

$$1 : 1{,}56 : 2{,}77,$$

so dass dieselbe etwa $^5/_8$ der Daniell'schen und $^3/_8$ der Grove'schen beträgt.

Marie Davy[2]) ersetzt in der Bunsen'schen Säule die verdünnte Schwefelsäure am Zink durch reines Wasser, die Salpetersäure an der Kohle durch einen Brei von schwefelsaurem Quecksilberoxyd und Wasser. Es scheidet sich Quecksilber an der Kohle aus. Die elektromotorische Kraft dieser Combination ist bedeutend, sie verhält sich zur Daniell'schen wie $125{,}7 : 100$

ist also etwas über $^5/_4$ der Daniell'schen, nur ist zu beachten, dass die Ströme dieser Säule nur geringe Intensität besitzen dürfen, weil sonst das Salz nicht in hinlänglicher Menge sich löst, um den an der Kohle sich abscheidenden Wasserstoff zu oxydiren.

Dieses Element wird jetzt für die Deutsche Feldtelegraphie benutzt. Es besteht aus einem 9^{cm} hohen, 3^{cm} weiten, aussen mit Lack überzogenem Kohlencylinder, der am obern Rande einen Blei-, mit darüber gelegtem Kupferstreifen trägt.

In diesen Cylinder reicht ein 5^{cm} hoher, 2^{cm} dicker, massiver Zinkcylinder, der oben durch einen vorstehenden Rand getragen wird.

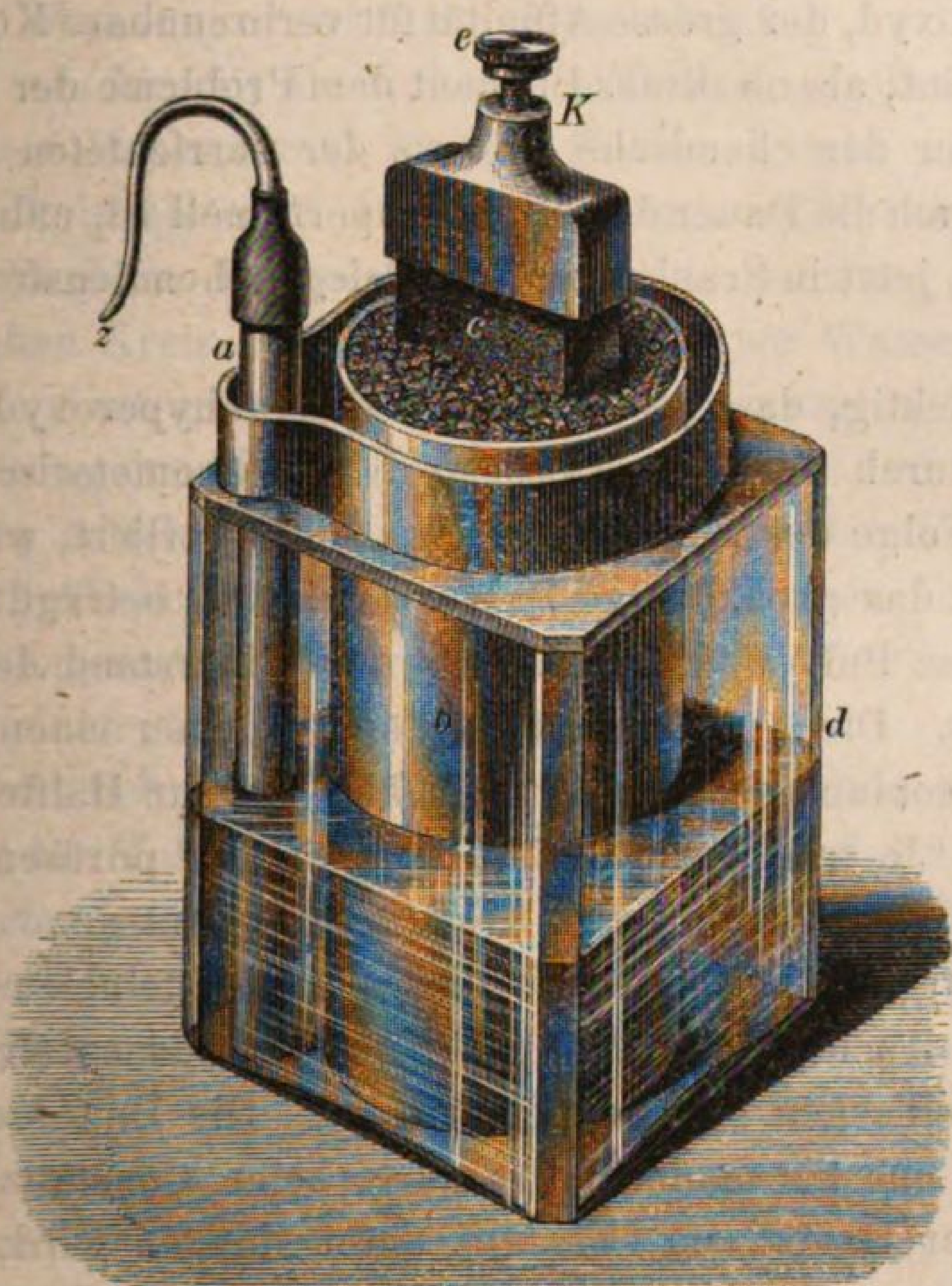
17. **Die Braunsteinsäule** von Leclanché[3]). Seit 1865 ist in Frankreich beim Telegraphiren mehrfach eine Säule in Gebrauch, welche, wie der Bericht sagt, in ihren Resultaten die Daniell'sche und Marie-Davysche Kette weit überholt hat. Vor Anwendung dieser

[1]) Compt. rend. XLII. pag. 855 u. XLIV. pag. 143; Brix. Journ. III. pag. 174; Wiedemann, Galvanismus pag. 271. [2]) Cosmos XV. pag. 443; Wiedemann, Galvan. pag. 271. [3]) Brix. Journ. XIV. pag. 147.

Kette waren nämlich gewöhnlich diese genannten Ketten in Gebrauch.

Jedes Element der Braunsteinsäule besteht aus einer Thonzelle, in der sich eine Kohlenplatte befindet, die übrigens aber mit grobkörnigem Braunstein und Kohlenstücken angefüllt ist, wie dies die Figur 27 zeigt. Ausserhalb der Thonzelle befindet sich ein massiver amalgamirter Zinkstab. Das ganze Element ist mit einer concentrirten Auflösung von Salmiak — Chorammonium — gefüllt. Welche chemischen Verbin-

Fig. 27.



dungen sich durch den in der Säule erregten galvanischen Strom bilden, ist bis jetzt noch nicht untersucht, kann also kurzweg nicht angegeben werden, doch steht fest, dass Chlorzink entstehen muss, welches ein in Wasser leicht löslicher Körper ist. Die Zahl der hier in Berührung kommenden Körper ist nicht gering, und die Anzahl der möglichen Verbindungsprodukte wird besonders noch dadurch vermehrt, dass die vorhandenen Stoffe in verschiedenen Mengen Verbindungen eingehen können. So habe ich unter Anderem gehört, dass sich ein weisser Niederschlag bilden soll.

In Bezug auf die Wirksamkeit dieses Elementes heisst es in dem angeführten Berichte: „Die vielen Modificationen und Verbesserungen,

die seit einer Reihe von Jahren an den hyodrogalvanischen Batterien vorgenommen wurden, waren nicht auf den negativen, sondern auf den positiven Pol des Elementes gerichtet, zu dem der frei werdende Wasserstoff geführt wird. Der Umstand, dass die Metalle keine Affinität für den freigewordenen Wasserstoff besitzen, also mit ihm keine Verbindung eingehen, führte zu einer Reihe von Combinationen, in denen das Metall mit einem sauerstoffreichen Körper umgeben wurde, der seinen Sauerstoff an den hier sich ansammelnden Wasserstoff abgab. Dieser Körper ist hier Manganhyperoxyd, der grosse Affinität für verbrennbare Körper besitzt".

„Es scheint, als ob dieses Element dem Probleme der theoretischen Batterie, in der der chemische Prozess der verrichteten Arbeit aequivalent, also auch die Dauer derselben proportionell ist, näher gekommen sei, als die bis jetzt in Frankreich zum Telegraphendienste verwendeten Batterien".

Es ist wichtig, dass grobkörniges Manganhyperoxyd angewendet werde, weil durch das feingestossene die elektromotorische Kraft des Elementes in Folge der Polarisation etwa 50 % verliert, während dieser Verlust durch das grobkörnige Pulver nur 12 % beträgt. Der Verlust durch das feine Pulver ist grösser als der Widerstand der Flüssigkeit des Elementes. Die Ammoniumlösung sollte immer einen Ueberschuss von Chlorammonium haben und ungefähr bis zur Hälfte der porösen Zelle reichen. Je trockener die Mischung in der porösen Zelle, desto grösser ist die elektromotorische Kraft des Elementes.

Die elektromotorische Kraft dieses Braunsteinelementes verhält sich zum Daniell'schen wie 138 : 100, so dass 28 Elemente von Leclanché etwa 40 Daniell'schen entsprechen würden. Die Dauer eines solchen Elementes ist ein bis anderthalb Jahre, seine Constanz sehr gross. Wenn also hier Dauer von Constanz unterschieden wird, so ist unter Dauer die Zeit verstanden, während welcher eine einmal zusammengestellte Kette Behufs des Telegraphirens in Anwendung bleiben kann. Jedermann wird zugestehen, dass diese Kette sehr vielen der anderen hier genannten bei Weitem vorzuziehen ist, wenn sie unverändert anderthalb Jahre in Gebrauch bleiben kann.

§ 4.
Der galvanische Strom.

1. Das Maas des galvanischen Stromes. Da alles Messen den Zweck hat, verschiedene Grössen unter einander vergleichen zu können, so muss einem jeden Maasse eine Einheit zum Grunde liegen,

welche entweder positiv gegeben oder möglichst leicht zu reproduciren ist. Nun hat man schon bald nach der Entdeckung Volta's die Beobachtung gemacht, dass der galvanische Strom das Wasser zersetzt, und dass die Menge des durch ihn zersetzten Wassers der Stärke des Stromes proportional ist. Hierdurch ist ein Mittel gegeben, eine Maasseinheit herzustellen. Man hat in Folge dessen den Strom gleich 1 gesetzt, welcher in einer Minute bei der Temperatur 0 und dem atmosphärischen Druck 760^{mm} ein Kubikcentimeter Gas mittelst der Wasserzersetzung entwickelt.

Obgleich nun hiermit die Einheit des Maasses gegeben ist, so eignet sich doch dieses Maass direkt für den Gebrauch sehr wenig. Behufs der Messung mittelst dieses, Voltameter genannten, Messapparates muss man nämlich die Zelle, in welcher die Wasserzersetzung stattfindet, in den galvanischen Kreis einschalten. Da nun aber Wasser dem galvanischen Strome einen grossen Widerstand entgegensetzt, so wird durch diese Einschaltung der Strom bedeutend geschwächt und man ist daher nie im Stande, mittelst des Voltameters einen vorhandenen Strom in seiner augenblicklichen Stärke zu messen, wenn nicht eben schon von Anfang an der Apparat mit im Kreise sich befindet. Für diesen Fall aber ist es schwer, einen starken Strom herzustellen.

Man bedient sich daher zur Strommessung der elektromagnetischen Messapparate, des Multiplicators, der Tangenten-, oder Simusbussolen, deren Beschreibung später folgt[1]), die sich aber alle auf die Ablenkung der Nadel durch den galvanischen Strom gründen, und vergleicht die Grösse ihrer Nadelablenkung mit der bei derselben Stromstärke entwickelten Gasmenge, so dass es für jeden dieser Messapparate möglich wird, die erhaltenen Maasse auf die angegebene Einheit zu reduciren und also die mit verschiedenen Instrumenten erhaltenen Werthe unter einander zu vergleichen. Man hat zu diesem Zwecke weiter nichts zu thun, als in den Strom gleichzeitig ein Voltameter und einen der genannten Messapparate einzuschalten. Aus dem Verhältniss der entwickelten Gasmenge zur Grösse der Nadelablenkung ergiebt sich der Reductionsfactor, d. h. die Zahl, mit der die Werthe, welche das elektromagnetische Instrument ergiebt, zu multipliciren sind, um die auf die Einheit bezügliche Gasmenge zu erhalten.

Hinsichtlich der Tangentenbussole haben bereits viele Physiker sich dadurch vergleichbare Maasse geschaffen, dass sie einen sehr dicken

[1]) Siehe hinten Abschn. II., § 2.

Kupferring von einem Fuss Durchmesser und eine Nadel von 1 Zoll Länge angewandt haben. Bei der Gleichheit der Nadel, des Ringdurchmessers und bei einem Ringe, dessen Widerstand gleich Null gesetzt werden kann, muss jede Bussole dasselbe Maass geben, wie später noch ausführlicher dargethan wird.

2. Das Ohm'sche Gesetz. Wir haben bereits vorn gesehen, dass die Stärke des Stromes einer galvanischen Säule einerseits von der elektromotorischen Kraft der angewandten Körper und andererseits von dem Widerstande abhängig ist, den die zu durchfliessenden Körper dem Strome entgegensetzen.

In welchem Verhältniss nun sowohl die elektromotorische Kraft wie der Widerstand zu dem Strome stehen, das ergeben die Messungen der Intensität.

Mittelst der Nadelablenkung durch den Strom erkennt man nun vor allen Dingen, dass die Intensität des galvanischen Stromes in jedem Querschnitte des Leiters gleich gross ist, dass es also gleichgültig ist, an welcher Stelle des galvanischen Kreises man die Messung vornimmt.

Beobachtet man nun die Nadelablenkung eines durch ein Kupfer-Zinkpaar in verdünnter Schwefelsäure hervorgebrachten Stromes, und bringt zwischen die Kupfer- und die Zinkplatte, ohne dass irgend etwas geändert wird, noch eine Kupfer- und eine Zinkplatte, welche beide gegen einander gelöthet sind, so wird der Widerstand des ganzen Kreises kaum merklich geändert, allein man beobachtet eine Nadelablenkung, welche eine Verdoppelung der Stromstärke zeigt. Würden n solcher Plattenpaare zwischen geschaltet, so ist die Stromstärke ebenfalls die n-fache. Daraus folgt:

Die Intensität des Stromes ist bei gleichem Widerstande des Schliessungskreises der elektromotorischen Kraft proportional.

Entfernt man nun die zwei beim ersten Versuche vorhandenen Erregerplatten n mal so weit von einander, als sie Anfangs gewesen, und schaltet auch als Verbindung beider Pole eine n mal so grosse Drahtlänge ein, so beobachtet man, dass die Stromstärke jetzt nur $\frac{1}{n}$ der früheren ist, d. h.:

Die Intensität des galvanischen Stromes ist unter sonst gleichen Verhältnissen der Länge des von ihm durchströmten Leiters umgekehrt proportional.

Standen bisher die Erregerplatten nur mit $^1/_3$ ihrer Fläche in der Säure, und man füllt das Gefäss, dass die Flächen bis auf $^2/_3$ und hernach, dass sie ganz bedeckt sind, und lässt in gleicher Weise den Querschnitt des die Pole verbindenden Leiters wachsen, so wird dadurch der Querschnitt des ganzen Weges, den der Strom zu durchlaufen hat, verdoppelt und verdreifacht, und man beobachtet in diesem Falle eine doppelte und dreifache Stromintensität, d. h.

Die Stromstärke ist dem Querschnitte des Leiters proportional.

Es wird also durch diese Aenderung der Widerstand der Kette proportional der Zunahme des Querschnitts verringert, so dass man den obigen Satz auch so aussprechen kann:

Der Widerstand der Kette ist dem Querschnitte der durchströmten Leiter umgekehrt proportional.

Bringt man endlich in die Kette, sowohl zwischen die Erregerplatten, als zwischen die Pole derselben, Leiter von nfachem Leitungswiderstande, so sinkt die Stromstärke auf $\frac{1}{n}$ der früheren herab, woraus denn folgt:

Die Stromintensität ist dem Leitungswiderstande der angewandten Leiter umgekehrt, d. h. dem Leitungsvermögen derselben gerade proportional.

Nennen wir nun die elektromotorische Kraft E, das Leitungsvermögen der Körper k, den Querschnitt ω und die Länge derselben λ, so ergiebt sich die Stromstärke J:

$$J = \frac{k\,\omega\,E}{\lambda}.$$

Derselbe Ausdruck lässt sich auch schreiben

$$J = \frac{E}{\frac{\lambda}{k\,\omega}}.$$

Der hier im Nenner befindliche Ausdruck $\frac{\lambda}{k\,\omega}$ enthält alsdann das Leitungsvermögen, den Querschnitt und die Länge der vom Strom durchflossenen Leiter. Diese drei Eigenschaften der Körper bedingen aber, wie wir gesehen haben, den Widerstand des Stromes überhaupt. Nennen wir diesen Gesammtwiderstand der Säule W, und verstehen darunter den obigen Ausdruck, so erhält das nach Ohm genannte Gesetz die einfache Form:

$$J = \frac{E}{W},$$

d. h.: „die Stromstärke ist gleich der elektromotorischen Kraft dividirt durch den Widerstand.“

3. Das Leitungsvermögen der Körper. Wir haben gesehen, dass in dem das Ohm'sche Gesetz darstellenden Ausdrucke vier verschiedene Werthe zu bestimmen sind. Von diesen erhält man zwei direkt durch das Längenmaass, nämlich den Querschnitt und die Länge der Leiter. Schwieriger zu bestimmen sind die elektromotorische Kraft E und das Leitungsvermögen k.

Um das Leitungsvermögen irgend eines Körpers zu messen, bedient man sich, freilich mit manchen Modificationen, der Methode, dass man in den Schliessungskreis einer möglichst constant wirkenden Säule den zu prüfenden Körper einschaltet, und dann die durch diese Einschaltung bewirkte Stromveränderung misst. Es ist also vor allen Dingen einer der genannten Messapparate nöthig, am besten eine Tangenten- oder Sinusbussole, oder die Siemens-Halske'sche Sinus-Tangentenbussole, welche man in beiderlei Weise gebrauchen kann.

a. Steht nun ausser diesem Apparate weiter kein anderer zu Gebot, so würde man den Leitungswiderstand eines gegebenen Körpers in folgender Weise finden können. Man leitet den Strom einer Säule durch die Tangentenbussole und beobachtet die Ablenkung der Nadel, deren Tangente der Stromstärke proportional ist. Darauf schaltet man in den Kreis der Säule den Körper, dessen Widerstand gemessen werden soll, mit ein und beobachtet wieder die Ablenkung. Nach dem Ohm'schen Gesetz ist nun, ohne die Einschaltung, die Stromstärke J gleich der elektromotorischen Kraft E, dividirt durch den Gesammtwiderstand in und ausser der Säule W.

$$J = \frac{E}{W}.$$

Dagegen ist die später gemessene Stromstärke J_1

$$J_1 = \frac{E}{W + x},$$

d. h. gleich der E dividirt durch W und den zu bestimmenden Widerstand x.

Daraus ergiebt sich:

$$J\,W = E, \text{ und } J_1\,(W + x) = E_1,$$

also

$$J\,W = J_1\,(W + x),$$

d. h.

$$\frac{(J - J_1)\,W}{J_1} = x.$$

Hiernach lässt sich nun der Widerstand x bestimmen, wenn man den Gesammtwiderstand der Säule W kennt.

b. Diesen Widerstand W der Säule kann man bestimmen, wenn man einen bekannten Widerstand bei der Hand hat. Man hat dann nur diesen bekannten Widerstand, den wir w nennen wollen, einzuschalten und wieder wie oben die Stromstärke J u. J_1 vor und nach der Einschaltung zu beobachten. Nach dem Ohm'schen Gesetze ist dann:

$$J = \frac{E}{w} \text{ und } J_1 = \frac{E}{W+w}.$$

Hieraus erhält man

$$(J - J_1)\, w = J_1\, W,$$

$$w = \frac{J_1\, W}{J - J_1}, \text{ oder } W = \frac{(J - J_1)\, w}{J_1}.$$

c. Wir haben bei dem ersten Falle gesehen, dass zur Auffindung des Widerstandes eines Körpers die Kenntniss des Widerstandes der Säule erforderlich war; um aber den Widerstand der Säule finden zu können, musste man einen bekannten Widerstand haben, eben um ihn mit diesem vergleichen zu können. Steht ein solcher Widerstand zu Gebote, der noch überdies beliebig vergrössert werden kann, so bietet derselbe ein Mittel, die eben besprochenen Messungen noch auf kürzerem Wege zu bewirken. Hat man nämlich die Werthe

$$\frac{(J - J_1)\, W}{J_1}, \text{ oder } \frac{J_1\, w}{J - J_1}$$

definitiv festzustellen, so bedarf man entweder dazu der Tangenten oder der Sinus der beobachteten Ablenkungen, je nachdem man mit der Tangenten- oder Sinusbussole gemessen hat.

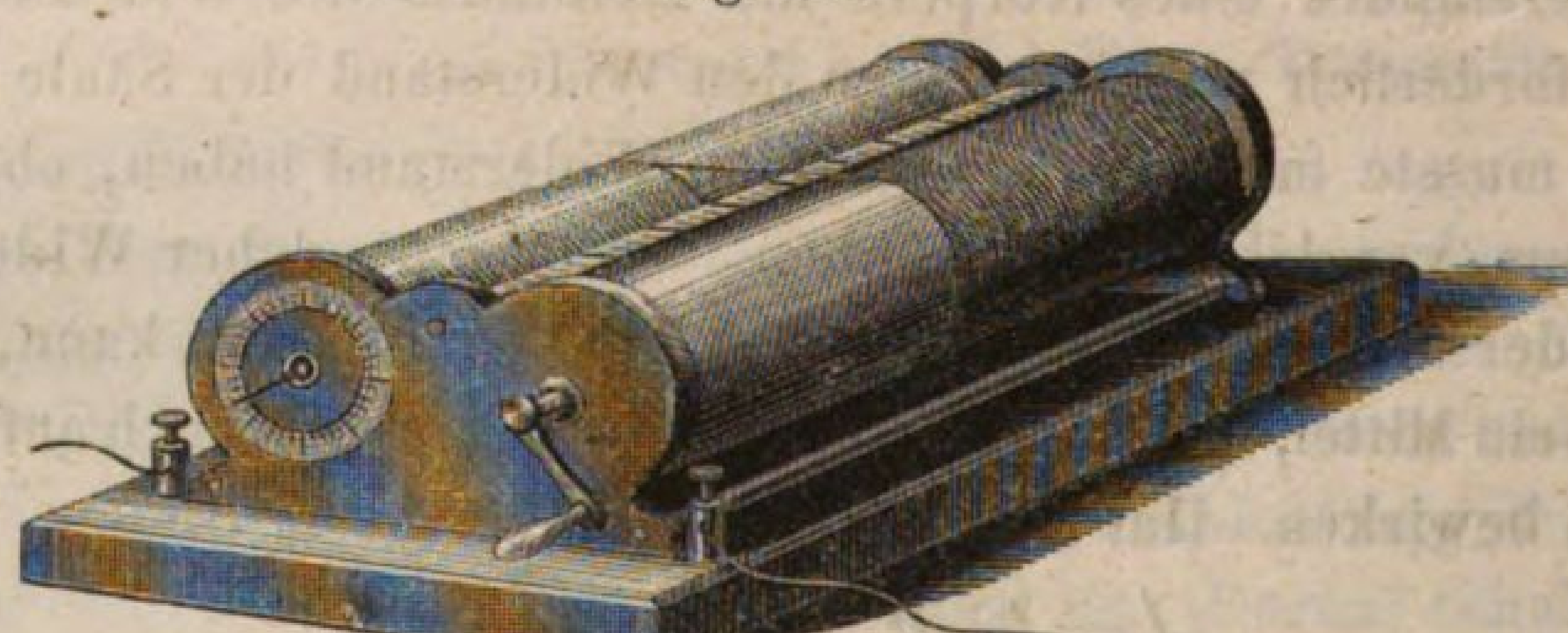
Mit Hülfe eines Drahtes, der in jeder beliebigen Länge eingeschaltet werden kann, und dessen Widerstand bekannt ist, bedarf man aber weder der obigen Messapparate, noch der trigonometrischen Tafel, man kann alsdann z. B. auf jeder Telegraphenstation, wo sich ein Galvanometer befindet, die Widerstandsmessungen, sowohl der Säule, als der Leitungen ausführen.

Man schaltet dann in den Kreis der Säule zunächst den zu messenden Widerstand und beobachtet genau die Stellung der Galvanometernadel. Darauf wird der Widerstand ausgeschaltet und an Stelle dessen soviel von dem bekannten Widerstand eingeschaltet, bis die Nadel wieder die frühere Stellung einnimmt. Dann ist der Widerstand des unbekannten Körpers gleich dem bekannten Widerstande des später eingeschalteten Körpers.

4. Widerstandsmesser oder Rheostaten. Wir haben bei diesen Messungen das Bedürfniss der bekannten, gegebenen Widerstände kennen gelernt, mittelst deren man unbekannte Widerstände bestimmt. Die Apparate hierfür nennt man Widerstandsmesser oder Rheostaten. Diese Widerstandsmessungen erforderten nicht allein bestimmte, festgestellte Widerstände, sondern es stellte sich auch das Bedürfniss heraus, diese Widerstände den zu messenden anzupassen, deshalb sind denn auch die hier erforderlichen Apparate zweifacher Art. Sie bestehen in Rheostaten und Widerstandsrollen oder Widerstandssäulen.

Es existirt ein Rheostat von Wheatstone[1]), von Jacobi[2]) und von Poggendorff[3]), welcher letztere von seinem Erfinder Rheocord genannt worden ist. Diese Rheostaten haben später mannigfache Abänderungen und Verbesserungen erfahren. Die Fig. 28 stellt den Rheo-

Fig. 28.



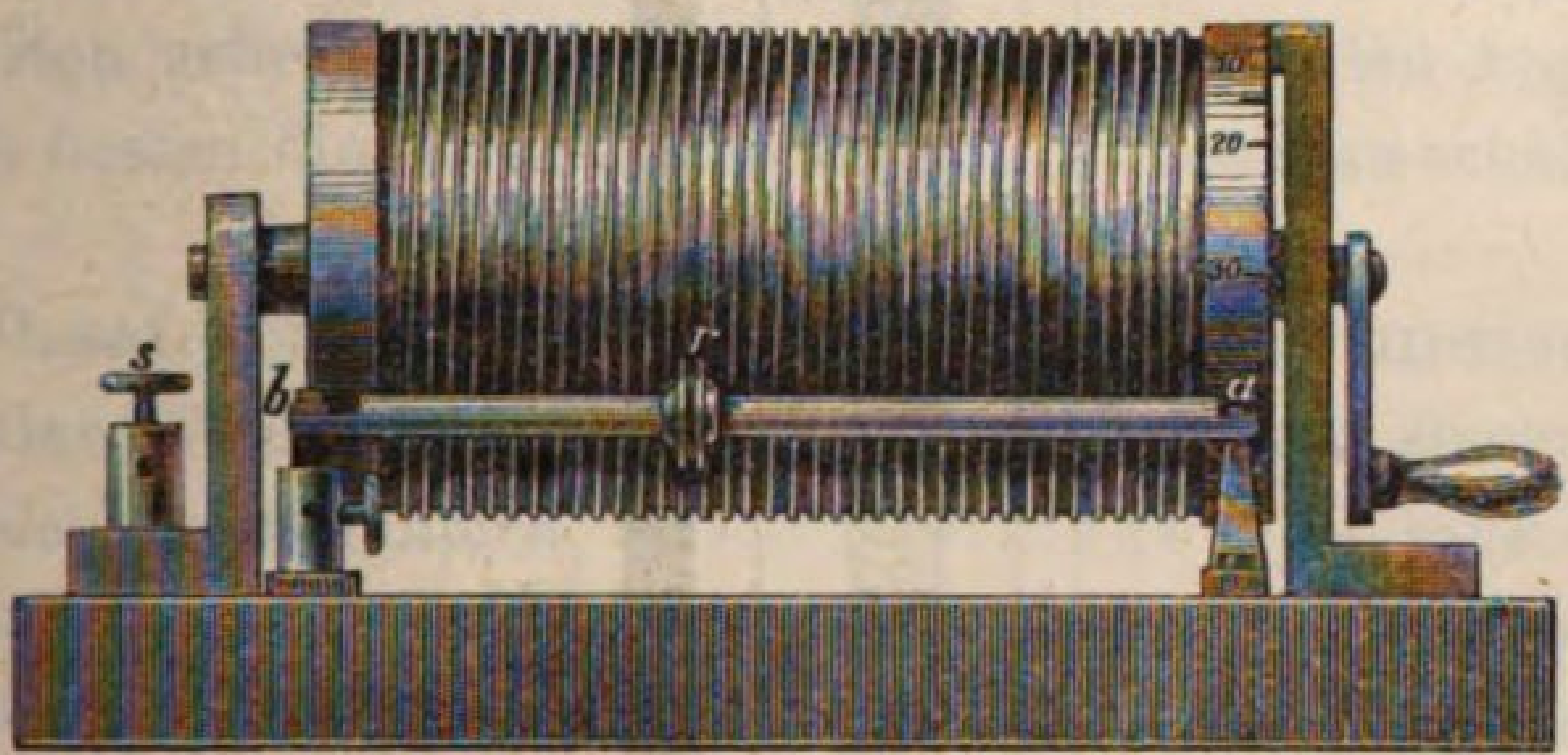
staten von Wheatstone dar. Er beruht auf dem Prinzip, dass neben einander sich zwei mittelst Kurbeln drehbare Rollen befinden, deren eine aus Metall, und deren andere aus einem nichtleitenden Körper, Marmor, Holz oder dergl. besteht. Beide haben auf ihrer Oberfläche sich neben einander windende Schraubengänge, in denen ein Neusilberdraht sich auf der ganzen Länge eines dieser Cylinder aufwindet. Ist dieser Neusilberdraht, der nebenbei bemerkt, sehr schlecht leitet, auf die Holzrolle aufgewickelt, so muss ein an dem einen Ende eingeleiteter Strom die ganze Drahtlänge durchlaufen. Wickelt man nun den Draht von der Holzrolle auf die Metall-(Messing-)Rolle, so wird der Widerstand, den dieser Draht bietet, immer geringer, weil die auf den Messingcylinder aufgewickelten Windungen ausgeschlossen werden, denn von ihnen aus führt der Strom direkt durch das Messing. Befinden sich alle

[1]) Phil. Trans. 1843 II. pag. 309; Pogg. Ann. 62 pag. 509. [2]) Pogg. Ann. 54 pag. 340. [3]) Pogg. Ann. 52 pag. 511.

Windungen auf der Messingrolle, so geht der Strom nur durch diese Rolle und der Widerstand des Apparates ist fast Null. So kann man also durch Aufwickeln auf die Holzrolle den Widerstand allmälig immer mehr erhöhen, bis bei der Füllung der ganzen Holzrolle das Maximum erreicht ist.

Der Rheostat von Jacobi hat nur eine Rolle aus Holz, wie die Fig. 29 zeigt. In die Windungen derselben ist der Neusilberdraht ge-

Fig. 29.

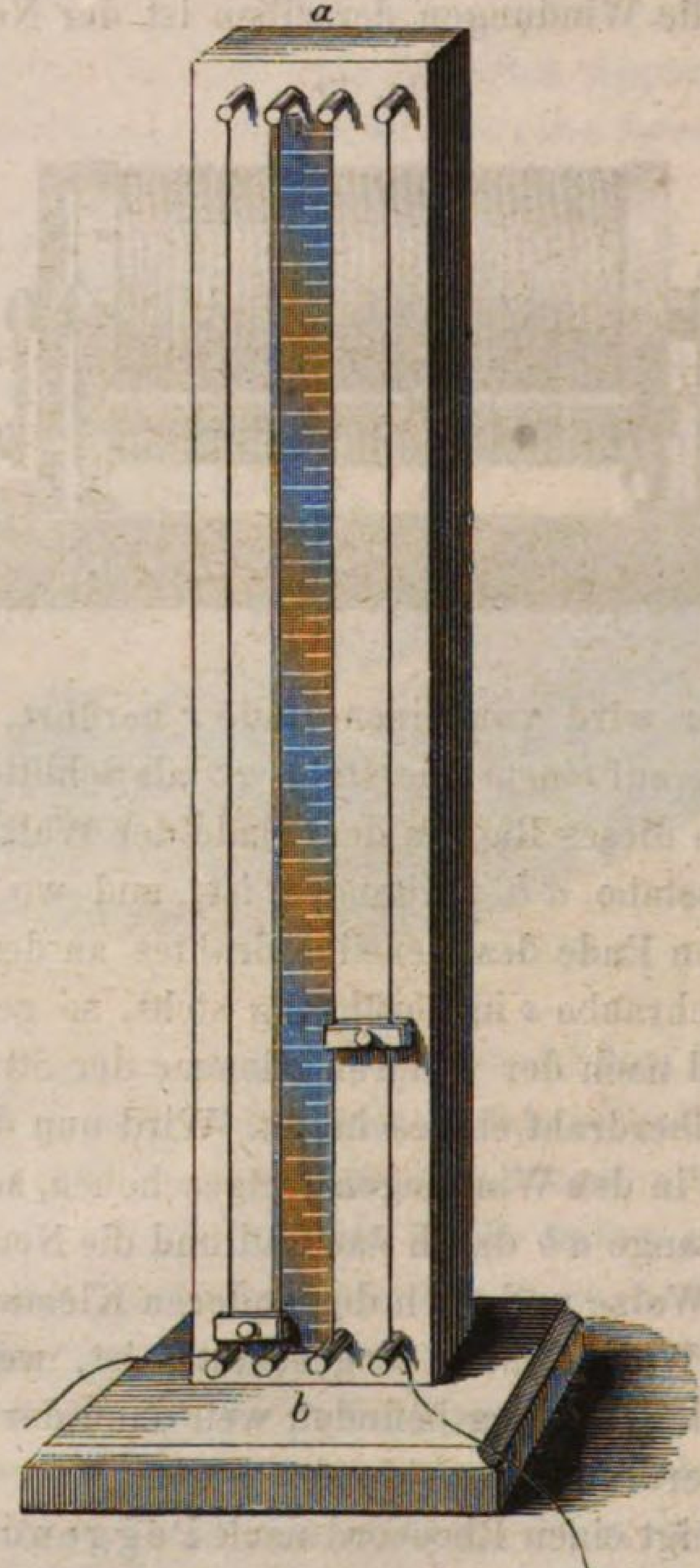


wickelt, und dieser wird von einem Rade *r* berührt, welches bei der Drehung der Walze auf einem Querstabe *a b* als Schlitten fortgeschoben wird. Befindet sich dieses Rad an dem Ende der Walze, wo der Strom mit dem Führungsstabe *a b* verbunden ist, und wo der austretende Strom mit dem einen Ende des Neusilberdrahtes an der Axe der Walze durch die Klemmschraube *s* in Berührung steht, so geht der Strom sogleich aus dem Rad nach der anderen Klemme der Stromleitung, es ist alsdann kein Neusilberdraht eingeschaltet. Wird nun durch das Drehen der Walze das Rad in den Windungen fortgeschoben, so muss der Strom aus der Führungsstange *a b* durch das Rad und die Neusilberwindungen nach der Axe der Walze und nach der anderen Klemme gehen, so dass das Maximum des Widerstandes eingeschaltet ist, wenn das Rad sich am anderen Ende der Führung befindet, weil dann der Strom die ganze Länge des Neusilberdrahtes durchlaufen muss.

Die Fig. 30 zeigt einen Rheocord nach Poggendorff, wie ich ihn in möglichst einfacher Weise zur Widerstandsmessung und besonders Stromregulirung angewandt habe. Der Ständer *a b* ist 1^m hoch und 11^{cm} breit, er trägt oben und unten vier Klemmschrauben, ebenso auf der Rückseite, mittelst deren die Neusilberdrähte, wie die Fig. 30 zeigt, gespannt sind. Die oberen Klemmschrauben haben nur eine Schraube zum Befestigen des Drahtes, während die unteren ausser der Schraube für den Neusilberdraht noch eine Durchbohrung haben, theils um die

von der Säule kommenden Leitungsdrähte aufzunehmen, theils um die beiden mittleren Klemmen mit einander zu verbinden. Die beiden Klemmen, welche immer je zwei Drähte mit einander verbinden, bestehen aus zwei Kupferplatten, die mittelst einer durch die Mitte

Fig. 30.

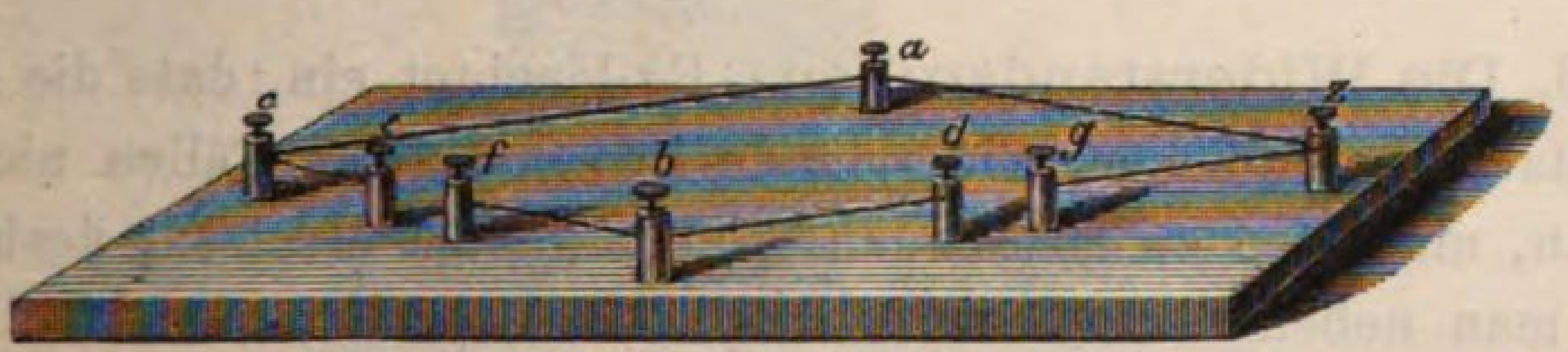


gehenden Schraube einander bis zur Berührung genähert werden können. Man sieht, dass durch das Verstellen dieser Klemme bis zu 4^m Neusilberdraht eingeschaltet werden kann, und da auf der anderen Seite dieselbe Einrichtung existirt, so kann mann mittelst dieses Apparates 8^m Neusilberdraht einschalten, was einer Länge von 54^m Kupferdraht von derselben Stärke entspricht.

Wenn ich über die Brauchbarkeit dieser drei verschiedenen Rheostaten ein Urtheil abgeben soll, so muss ich sagen, dass ich den zweiten unter ihnen am wenigsten vortheilhaft gefunden habe. Die geringe Brauchbarkeit desselben liegt darin, dass es sehr sauberer Arbeit seitens des Anfertigers bedarf, wenn das auf dem leitenden Stabe fortzuschiebende Rad *r* immer in leitender Verbindung mit den Windungen des Neusilberdrahtes bleiben soll. Eine ganz geringe Menge von Oxyd oder ein ganz geringes Schwanken dieses Rades ist schon im Stande, eine Stromunterbrechung herbeizuführen und dann das ganze Experiment sehr zu stören. Am sichersten arbeitet man mit dem zuletzt erwähnten Apparate, weil man da am besten die leitende Verbindung aufrecht zu erhalten vermag.

5. Wheatstone's Differental-Widerstandsmesser. Um die Messung eines Widerstandes mittelst Vergleich mit einem bekannten Widerstande zu erleichtern, hat Wheatstone noch eine Vorrichtung hergestellt, die er Differental-Widerstandsmesser nennt, die aber jetzt gewöhnlich die Wheatston'sche Brücke genannt wird[1]). Die Fig. 31 stellt diesen Apparat dar.

Fig. 31.



Die Methode zur Messung des Widerstandes, nach welcher ein bekannter Widerstand mit dem zu messenden verglichen wird, ist nämlich unanwendbar, sobald nur kleine Unterschiede zu beobachten sind, welche gegen den übrigen in der Batterie enthaltenen Widerstand verschwinden, so dass sie keine merkbare Aenderung im Stande der Nadel bewirken. Deshalb leitet Wheatstone mittelst des vorliegenden Apparates gleichzeitig den Strom durch den zu messenden und einen bekannten Widerstand, aber so, dass die Stromverzweigung das eingeschaltete Galvanometer in entgegengesetzten Richtungen durchströmt, und also die Ablenkung desselben nur die Differenz beider Widerstände giebt. Wird darauf der bekannte Widerstand so geregelt, dass die Galvanometernadel auf Null steht, so ist der zu messende diesem gleich, und man kennt also die Grösse desselben. Um dies herzustellen, werden die

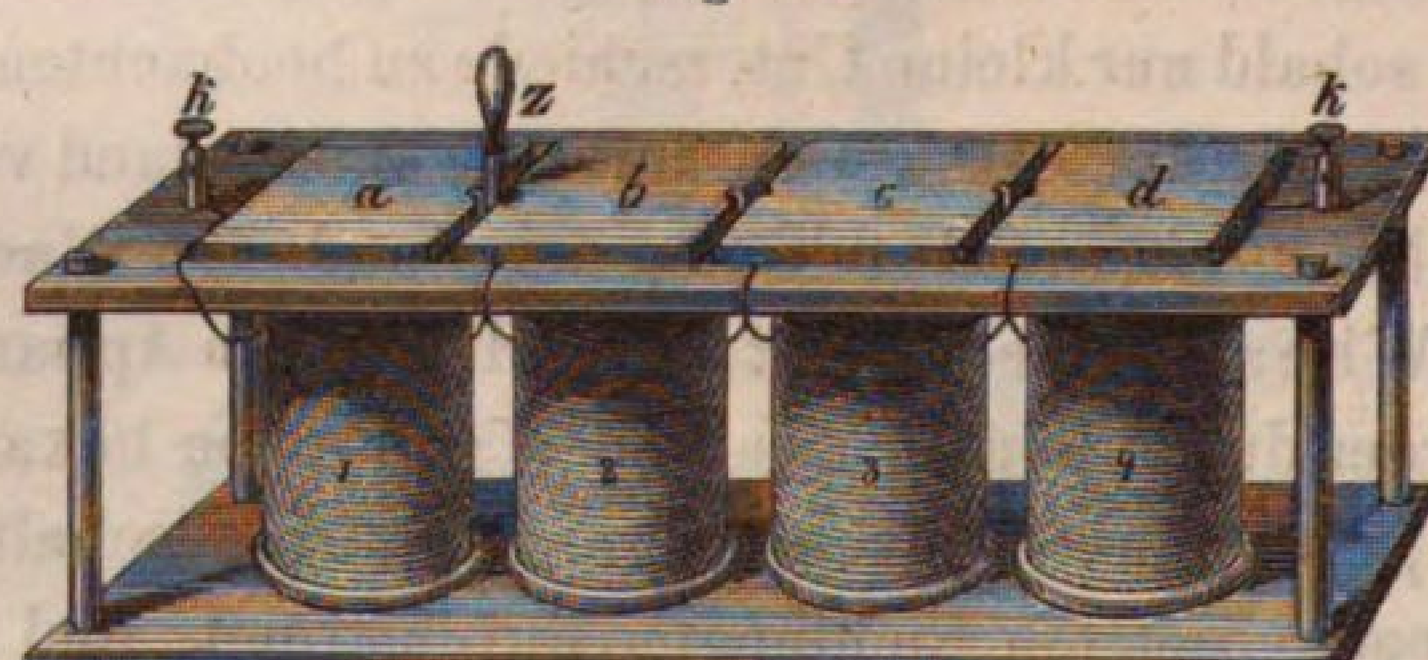
[1]) Philos. Trans. 1843 pt. II.; Pogg. Ann. 62 pag. 535.

Leitungsdrähte der Säule nach den Klemmen *c* und *z* geführt, wobei die vier Drähte *c b*, *c a*, *z b* und *z a* gleichen Widerstand bieten. Darauf wird der eine Widerstand zwischen *e* und *f* und der andere zwischen *d* und *g* eingeschaltet, während nach *a* und *b* die Leitungsdrähte des Galvanometers führen. Man sieht, dass bei dieser Einrichtung von jedem Pole der Säule ein Draht zu jedem Ende des Galvanometers führt und also die Nadel nicht abgelenkt werden kann, wenn die Widerstände von beiden Seiten her gleich sind. Ist nun z. B. bei *d* und *g* der Rheostat eingeschaltet, und bei *e* und *f* der zu messende Widerstand, so wird die Nadel mittelst des Rheostaten auf Null gebracht werden können, und ist dies geschehen, so wird der Widerstand dieser beiden eingeschalteten Theile gleich sein. In dieser Weise lässt sich irgend ein Widerstand sehr bequem messen, ohne dass man irgend welche Ablenkungen zu beobachten hätte, die Reductionen oder andere Rechnungen verlangten.

Wir kommen später noch auf diese Brücke zurück, und werden dann zeigen, in welcher Weise die in der Brücke vorhandene Stromstärke zu berechnen ist, sobald nicht, wie oben vorausgesetzt werden musste, der Widerstand von beiden Seiten her gleich ist[1]).

6. Die Widerstandsrollen. Es leuchtet ein, dass die auf den Rheostaten befindlichen Widerstände in sehr vielen Fällen nicht ausreichen, um einen zu messenden Widerstand zu ersetzen, deshalb benutzt man neben den Rheostaten noch aufgewickelte Drahtrollen von bekanntem Widerstande, die dann zugleich mit jenen in die Kette eingeschaltet werden. Die Fig. 32[2]) stellt vier solcher Drahtrollen dar,

Fig. 32.



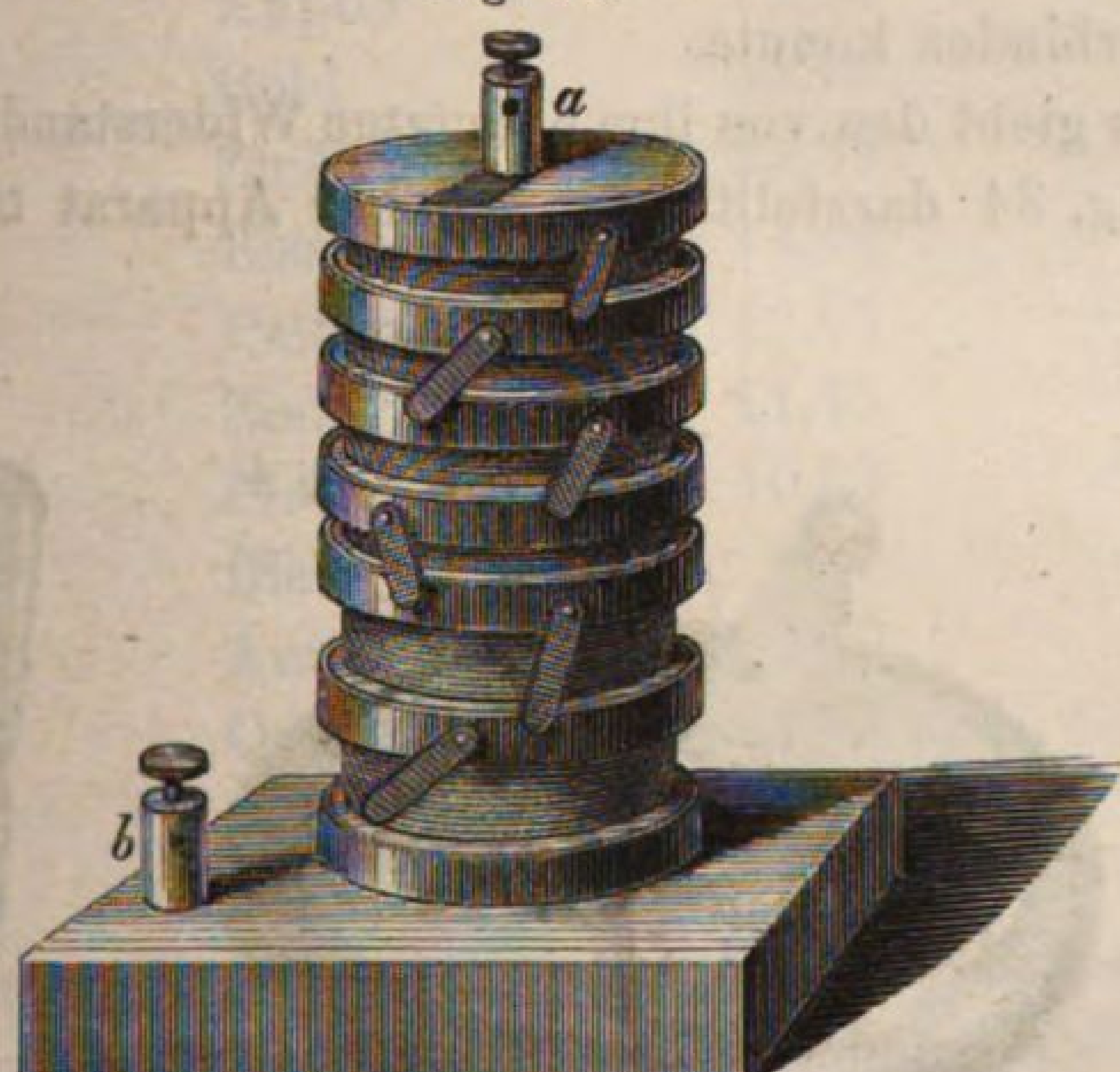
deren Widerstände sich wie 1, 2, 3, 4 verhalten. Sie befinden sich zwischen zwei Brettern und tragen oben Messingplatten *a*, *b*, *c*, *d*, welche mittelst des Stöpsels *z* mit einander leitend verbunden werden können.

[1]) Siehe diesen § No. 11. [2]) Wiedemann, Galvanismus Fig. 66 pag. 157.

Das eine Ende des Drahtes der Rolle *1* steht mit der Klemmschraube *k* und der Messingplatte *a* in Verbindung, während das andre Ende von *1* und das eine von *2* nach der Platte *b* führen, ebenso findet die Verbindung mit der Platte *c* statt. Die Platte *d* ist nicht mit dem einen Ende der Spirale *3* und einem Ende der Spirale *4* verbunden, sondern diese hängen nur untereinander zusammen, während die Platte *d* mit der Klemmschraube *k* und dem zweiten Ende der Spirale *4* verbunden ist. Stöpselt man nun oben alle drei Löcher zwischen den Platten, und führen die Poldrähte nach den beiden Klemmen *k* und *k*, so geht der Strom direkt durch die vier Messingplatten, bei Entfernung der Stöpsel geht der Strom durch alle vier Rollen etc.

Eine andere Zusammenstellung zeigt die Fig. 33, wie sie von

Fig. 33.



Eisenlohr angegeben ist[1]). Ein mit Vertiefungen versehener Holzcylinder trägt in diesen Vertiefungen aufgewickelte Drahtmassen, während die Erhabenheiten mit Messingringen und Messinglappen versehen sind. Der Strom wird nach den Klemmen *a* und *b* geleitet, und die Enden der Drahtrollen führen nach den oben und unten zunächst liegenden Messingringen. Werden die Messinglappen so gestellt, dass sie immer zwei zunächst befindliche Ringe mit einander leitend verbinden, so geht der Strom unmittelbar von *a* nach *b*, ohne die Drahtrollen zu durchlaufen, wogegen er alle die Drahtrollen passiren muss, welche nicht durch die Messinglappen ausgeschlossen sind.

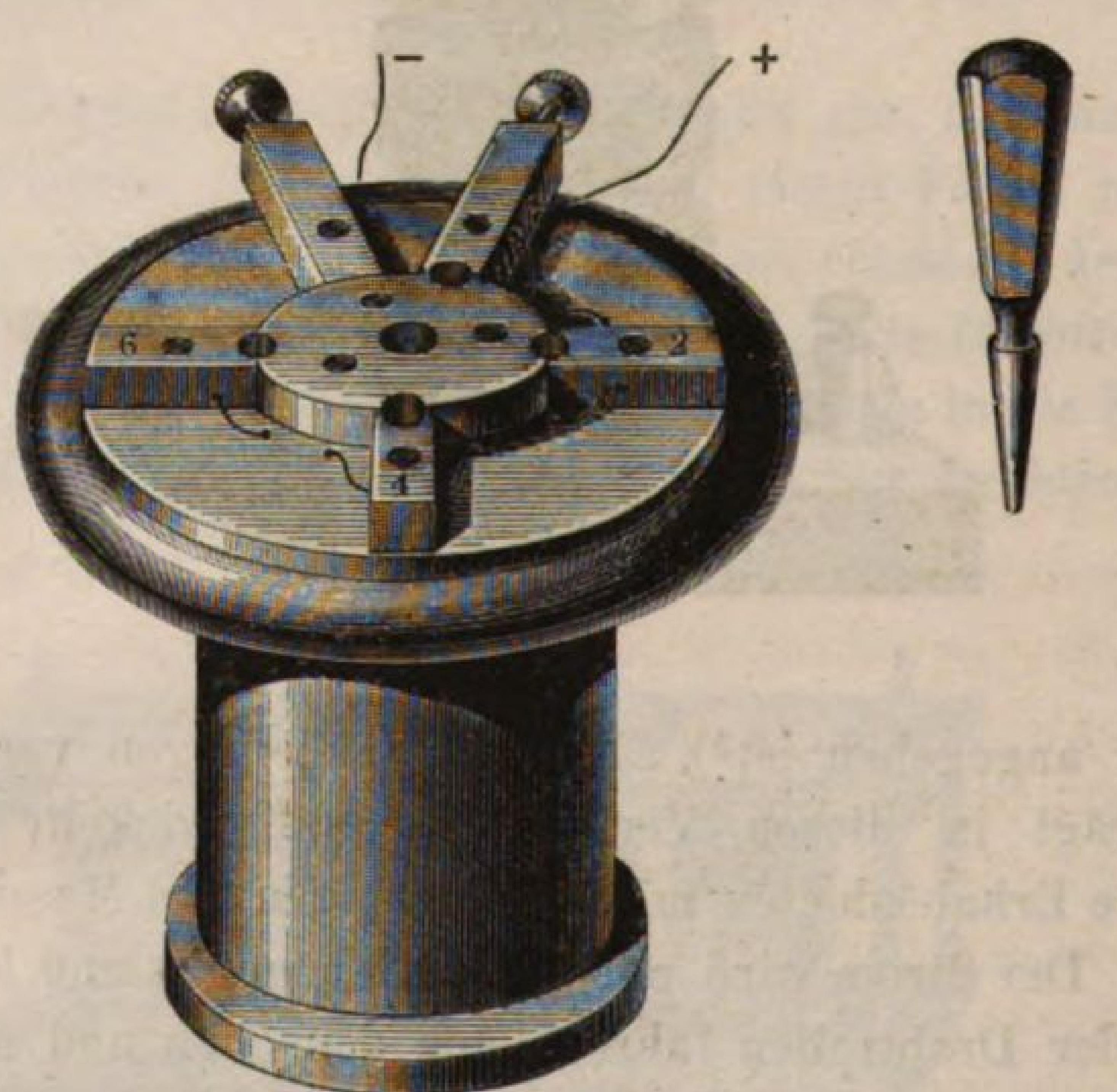
[1]) Lehrbuch d. Physik 1852 pag. 526.

Mittelst dieser Apparate lässt sich nun ein so grosser Widerstand bestimmen, als die Summe sämmtlicher in den Apparaten gegebener Widerstände beträgt.

Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass die Menge der auf den einzelnen Einschnitten aufgewickelten Drahtwindungen in dem Belieben des Experimentators steht. Soll der Apparat zu telegraphischen Untersuchungen benutzt werden, so erscheint es vortheilhaft, den Widerstand nach Meilen des auf der Leitung verwendeten Drahtes zu bemessen. Eisenlohr selbst giebt hinsichtlich der von ihm benutzten Widerstandsrollen als Einheit eine Windung seines Wheatstone'schen Rheostaten an und bemerkt, dass er Neusilberdraht verwendet hat. Der erste Draht entsprach 100 Windungen des Rheostaten, der zweite 200 u. s. w. so dass er mit seinen Rollen bis zu 12000 Windungen seines Rheostaten verbinden konnte.

Siemens giebt den von ihm benutzten Widerstandsrollen die Form, welche die Fig. 34 darstellt. Ein solcher Apparat trägt drei Rollen,

Fig. 34.



deren jede 2 Meilen Widerstand leistet. Die Einrichtung ist so getroffen, dass die beiden mit Schrauben versehenen Schienen die beiden Leitungsdrähte aufnehmen, aber nichts einschalten, wenn nicht der nebenbei abgebildete Stöpsel in irgend eines der Löcher der drei anderen Schienen gesteckt wird. Geschieht dies bei dem Loche zwischen der runden

Platte in der Mitte und der Schiene rechts, auf der die 2 steht, so sind 2 Meilen Draht eingeschaltet. Wird der Stöpsel aus diesem Loche herausgenommen und in das zwischen der Platte und der mit 4 bezeichneten Schiene gesteckt, so sind 4 Meilen, und ebenso bei der folgenden 6 Meilen Widerstand eingeschaltet.

7. Das Leitungsvermögen einiger Körper. Auf diesem Wege wurde die Leitungsfähigkeit vieler Stoffe von sehr verschiedenen Physikern geprüft, deren Angaben in manchen Punkten von einander abweichen. Nach Matthiesen[1]) steht die Leitungsfähigkeit der folgenden Metalle im Verhältniss der beigefügten Zahlen:

Metalle:	Leitungsfähigkeit:
Silber	100
Kupfer	72,06
Gold	55,19
Zink	27,39
Eisen	14,44
Palladium	12,64
Zinn	11,45
Platin	10,53
Blei	7,77
Antimon	4,29
Quecksilber	1,63
Wismuth	1,19

Die von anderen gefundenen Zahlen weichen in manchen Punkten von diesen ab, wir müssen in dieser Beziehung auf die ausführlichen Zusammenstellungen von Wiedemann verweisen: „Die Lehre vom Galvanismus, 1861.“ Daselbst finden sich noch Resultate hinsichtlich mancher anderen Metalle und Legirungen derselben.

In Bezug auf die Abhängigkeit der Leitungsfähigkeit von dem Wärmegrade der Leiter ist zu bemerken, dass alle Körper eine bedeutende Abnahme der Leitungsfähigkeit mit Erhöhung der Temperatur zeigen, obgleich diese Abnahme nicht bei allen Körpern in demselben Verhältniss stattfindet.

Wie bedeutend geringer die Leitungsfähigkeit von concentrirten Salzlösungen gegen die der Metalle ist, zeigt folgende von C. Beque-

[1]) Pogg. Ann. 103 pag. 428.

rel aufgestellte Tabelle, in der die Leitungsfähigkeit des reinen Silbers = 100000000 zu stellen ist:

Lösung:	Temperatur:	Leitungsfähigkeit:
Schwefelsaures Kupferoxyd	9°	5,42
Kochsalzlösung	13°	31,52
Kupferchlorid	9°	10,35
Salpetersaures Kupferoxyd	-10°	8,4
Zinkvitriol	14°	5,77
Salpetersäure (käufliche)	36°	93,77

Die Schwefelsäure hat die Eigenthümlichkeit, dass sie bei einem bestimmten Wassergehalt das Minimum des Widerstandes zeigt. Setzt man den Widerstand bei dem specifischen Gewicht 1,25 gleich 100, so erhält man folgende Reihe, in welcher die Versuche mehrerer Beobachter zusammengestellt und auf dieselbe Einheit reducirt sind[1]):

Spec. Gew.	Widerstand:
1,003	1830
1,018	629
1,072	185
1,100	135
1,150	121
1,200	100
1,250	100
1,270	100
1,300	100
1,500	191
1,665	406
1,840	638

Bei den bisherigen Angaben über den Leitungswiderstand der Körper haben wir vorausgesetzt, dass der vom Strom durchflossene Leiter auf seiner ganzen Länge denselben Querschnitt habe. Ist dies nicht der Fall, so verbreitet sich der Strom in verschiedenen Theilen des Querschnitts nicht mit gleicher Intensität, doch kann der Widerstand eines Leiters von verschiedenem Querschnitt berechnet werden.

Wiedemann hebt in dieser Beziehung einen für den Widerstand in den galvanischen Säulen wichtigen Fall hervor. Während nämlich

[1]) Wiedemann, Galvanismus pag. 204—205.

bei Gegenüberstellung zweier paralleler, ebener Erregerplatten, mögen dieselben gleich oder verschieden gross sein, der Widerstand der Entfernung derselben proportional ist, verhalten sich die Widerstände cylinderförmiger Platten wie die Radien dieser Cylinder, nicht wie ihre wirklichen Entfernungen[1]).

8. Einheit des Widerstandes. Die eben besprochenen Widerstandsmessungen haben, wie man wohl einsieht, nur einen Nutzen, wenn sie, wie alle Messungen, unter einander vergleichbar sind. Es ist also auch für diesen Fall eine Einheit nöthig. Jacobi schlug im Jahr 1846 eine Maasseinheit vor, und zwar sollte ein Kupferdraht von 1 Meter Länge und 1 Millimeter Durchmesser dieselbe bilden. Allein nach den neueren Erfahrungen eignet sich Kupfer gerade sehr wenig als Maass des Widerstandes, weil der specifische Widerstand des Kupfers bei verschiedenen Graden der Härte und Spannung so sehr verschieden ausfällt, dass Thomson[2]) bei verschiedenen Kupferdrähten und Blechen Widerstände beobachtete, die sich im Verhältniss von 7,6 zu 22,3 änderten.

Siemens hat deshalb in neuester Zeit[3]) ein Quecksilber-Prisma von 1^m Länge und $1\square^{mm}$ Querschnitt bei 0^0 als Einheit des Widerstandes vorgeschlagen.

Das Quecksilber eignet sich aus verschiedenen Gründen besser wie viele andere Körper zu einer Maasseinheit, denn:

1. das Quecksilber ist mit grosser Leichtigkeit in ausreichender, fast vollkommener Reinheit zu erhalten.
2. Es hat, so lange es flüssig ist, keine verschiedene, seine Leitungsfähigkeit modificirende Molekularbeschaffenheit.
3. Sein Widerstand ist weniger als der der einfachen Metalle von Temperaturveränderungen abhängig.
4. Sein specifischer Widerstand ist sehr bedeutend, wodurch die Vergleichungszahlen sehr klein und daher bequem werden.

Setzen wir nämlich den Widerstand des Quecksilbers = 1, so ist

der des weichen Silbers bei 0^0 = 64,38,
„ „ „ Kupfers „ „ = 52,013,
„ „ „ Messings „ „ = 13,5,
„ „ harten Platins „ „ = 8,24.

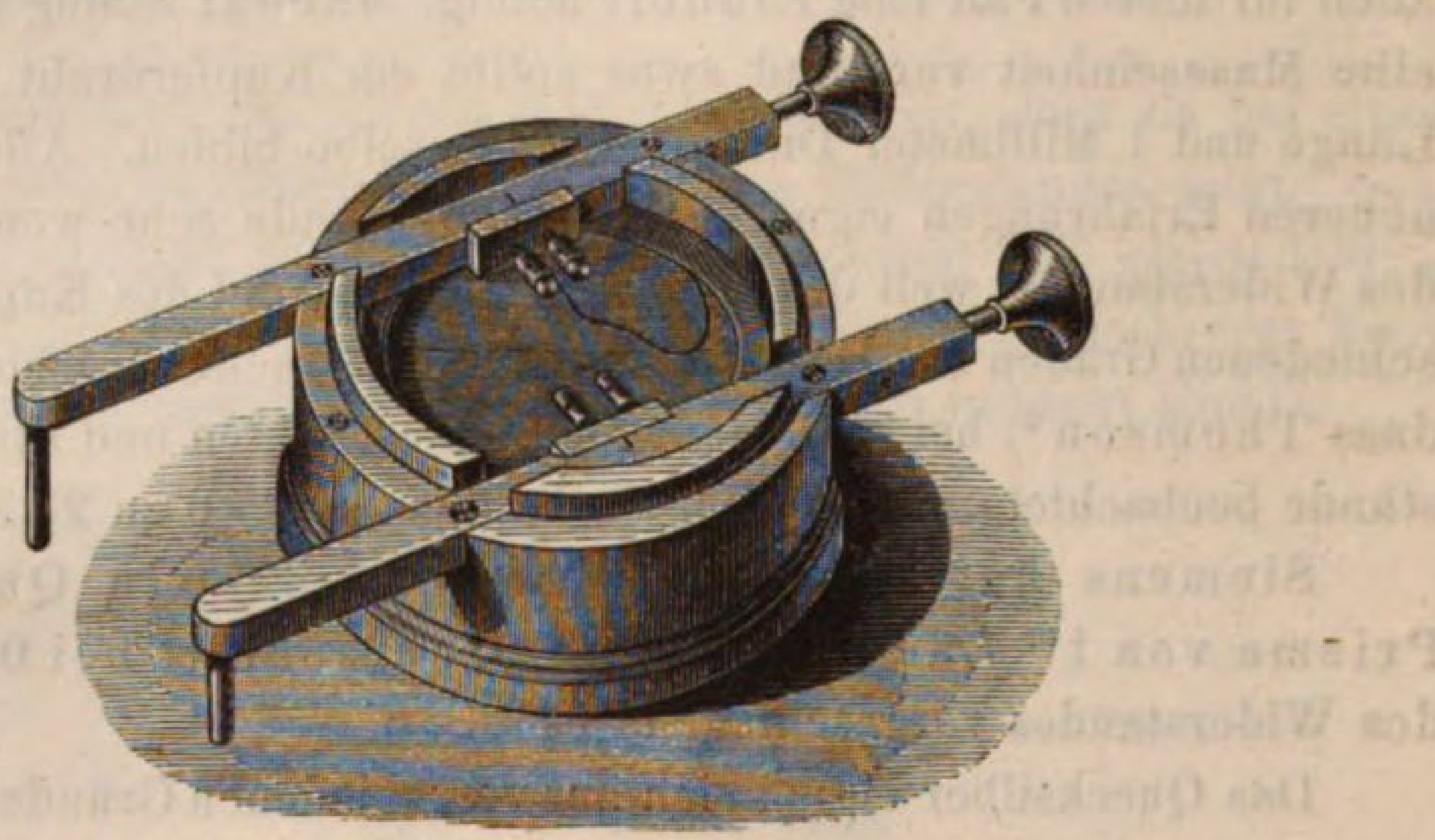
Siemens und Halske haben, um eine Gleichmässigkeit der Messungen verschiedener Physiker herbeizuführen, eine Anzahl von Maass-

[1]) Galvanismus pag. 142. [2]) Thomson. Phil. Mag. (4) T. XV. pag. 472; Wiedemann, Galvanismus pag. 159. [3]) Pogg. Ann. 110 pag. 1.

einheiten in besponnenem Neusilberdraht anfertigen lassen und dieselben an die Physiker versendet. Schon früher hatte Siemens nach dem Vorgange Jakobi's den Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 Meter Länge 1 Quadratmillimeter Querschnitt als Einheit vorgeschlagen und später die eben erwähnte Drahteinheit nach diesem Maassstabe angefertigt.

Die Fig. 35 stellt den Apparat dar, den Siemens und Halske vor

Fig. 35.



einigen Jahren an die Physiker versandten. In der hier dargestellten Holzschachtel, welche für gewöhnlich zur grössern Sicherheit gegen Verletzung des Maasses mit einem Deckel versehen ist, befindet sich der Draht und endet in den beiden sehr starken messingenen Querbändern, an deren einem Ende je eine Klemmschraube, wogegen an dem anderen zur Befestigung der Weiterleitung je ein Stift befestigt ist. Die messingenen Schienen haben 13^{mm} in Quadrat Querschnitt, damit bei genauen Messungen dieser Verbindungsstreifen nicht etwa durch einen merklichen Widerstand noch das Resultat trübt. Da der Leitungswiderstand auch von dem Wärmegrade abhängt, den der Leiter hat, so ist auf jedem Apparate eingravirt, bei welcher Temperatur die Länge des Draths der Einheit bestimmt worden ist.

9. Das Bestimmen der elektromotorischen Kraft. Um die Wirkung zweier Säulen mit einander vergleichen zu können, ist es nothwendig, auch die elektromotorischen Kräfte derselben zu bestimmen. Hierzu bietet ebenfalls das Ohm'sche Gesetz die Mittel, und es führen

verschiedene Methoden zum Ziele, deren einige von Fechner[1]) von Ohm[2]) und von Wheatstone[3]) angegeben sind. Ausserdem hat Poggendorff[4]) noch eine Methode zur Bestimmung der elektromotorischen Kraft der inconstanten Säulen angegeben. Wir heben hier zunächst die einfachste und bequemste Methode von Wheatstone hervor, welche wie die früher von ihm erwähnte Methode zur Bestimmung des Widerstandes darauf beruht, den vorhandenen Messapparat mittelst der zu vergleichenden Elektromotoren und eingeschalteten Widerstände auf dieselbe Angabe der Stromstärke zu bringen.

Man schaltet zu diesem Zwecke in den Kreis eines galvanischen Elementes einen Messapparat und einen Rheostaten, bringt mittelst des letzteren den ersteren auf eine bestimmte Ablenkung, z. B. 45^0, und schaltet dann einen noch grösseren Widerstand ein, so dass die Nadel etwa auf 40^0 kommt. Darauf wird mit dem anderen Element in gleicher Weise verfahren. Nennen wir nun die beiden Stromstärken J und i, die electromotorischen Kräfte beider Elemente E und E_1, die Widerstände des ganzen Kreises bei der Ablenkung $45^0 = R$ und R_1, und die zur Reducirung des Stromes bis auf 40^0 hinzugefügten Längen r und r_1, so sind die Stromstärken J beider Elemente bei der Ablenkung von 45^0 nach dem Ohm'schen Gesetz auszudrücken durch

$$J = \frac{E}{R} \text{ und } J = \frac{E_1}{R_1},$$

und die Stromstärken i:

$$i = \frac{E}{R + r}\ i = \frac{E_1}{R_1 + r_1}.$$

Daraus ergiebt sich, weil $\frac{E\,R_1}{E_1} = R$ und $E\,(R_1 + r_1) = (R + r)$

$$E r_1 = E_1 r,$$

d. h. die elektromotorichen Kräfte zweier zu vergleichenden Elemente verhalten sich wie die Längen der einzuschaltenden Widerstände, welche nöthig sind, eine durch beide Elemente bewirkte Stromstärke um ein Gleiches zu schwächen.

v. Waltenhofen hat in neuester Zeit mittelst seiner eigenen Methode zur Bestimmung der elektromotorischen Kraft die Resultate früherer Forscher geprüft und seine Resultate auf die von Jacobi-Siemens angegebene Maasseinheit reducirt. Während nun nach an-

[1]) Pogg. Ann. 45 pag. 232. [2]) Schweigg. Journ. 58 pag. 416. [3]) Phil. Traus. 1843 II. pag. 313; Pogg. Ann. 62 pag. 518. [4]) Pogg. Ann. 53 pag. 161.

deren Forschern die auf diese Einheit reducirten Werthe sich bei der Daniell'schen Kette: $D = 11{,}515$ ergeben, erhält er als Mittel aus 14 Messungen: $D = 12{,}044$, und ist deshalb der Meinung, dass man mit grosser Annäherung

$$D = 12$$

zu setzen berechtigt sei. Die elektromotorische Kraft der Grove'schen, so wie der Cooper'schen und Bunsen'schen Kette ist als $G = 1{,}67$ D gefunden, so dass sich hiernach unter der Voraussetzung, dass $D = 12$ die elektromotorische Kraft

$$G = 20$$

herausstellt, wobei käufliche Salpetersäure von spec. Gew. 1,33 in Anwendung gebracht wurde. Bei Anwendung von chemisch reiner Salpetersäure ist die elektromotorische Kraft der Grove'schen Kette etwas grösser als 1,7, d. h. sehr nahe $^7/_4\,D = G'$. In diesem Falle hätte man also

$$G' = 21.$$

Diese Werthe geben bei Einführung der Reductionszahlen zwischen den Jakobi-Siemens'schen und den Weber'schen Einheiten beziehungsweise

$$D = 108$$
$$G = 180$$
$$G' = 189$$

nach absolutem elektromagnetischem Maasse [1]).

Setzen wir $D = 100$, so erhielt Svanberg für das Bunsen'sche Element . 178

Dasselbe mit Eisenchlorid und wenig Salzsäure an der Kohle und Schwefelsäure am Zink 132,8

Dasselbe mit viel Säure 130

Dasselbe mit wenig Säure und Kochsalzlösung am Zink . . . 137

Ferner Aluminium, Salpetersäure und verdünnte Schwefelsäure mit Aluminium 112

Eisen, Salpetersäure und verdünnte Schwefelsäure mit Eisen . 99,7

Aluminium, Salpetersäure und verdünnte Schwefelsäure mit Zink . 138

Kohle, Salpetersäure und Aluminium mit verdünnte Schwefelsäure . 136.

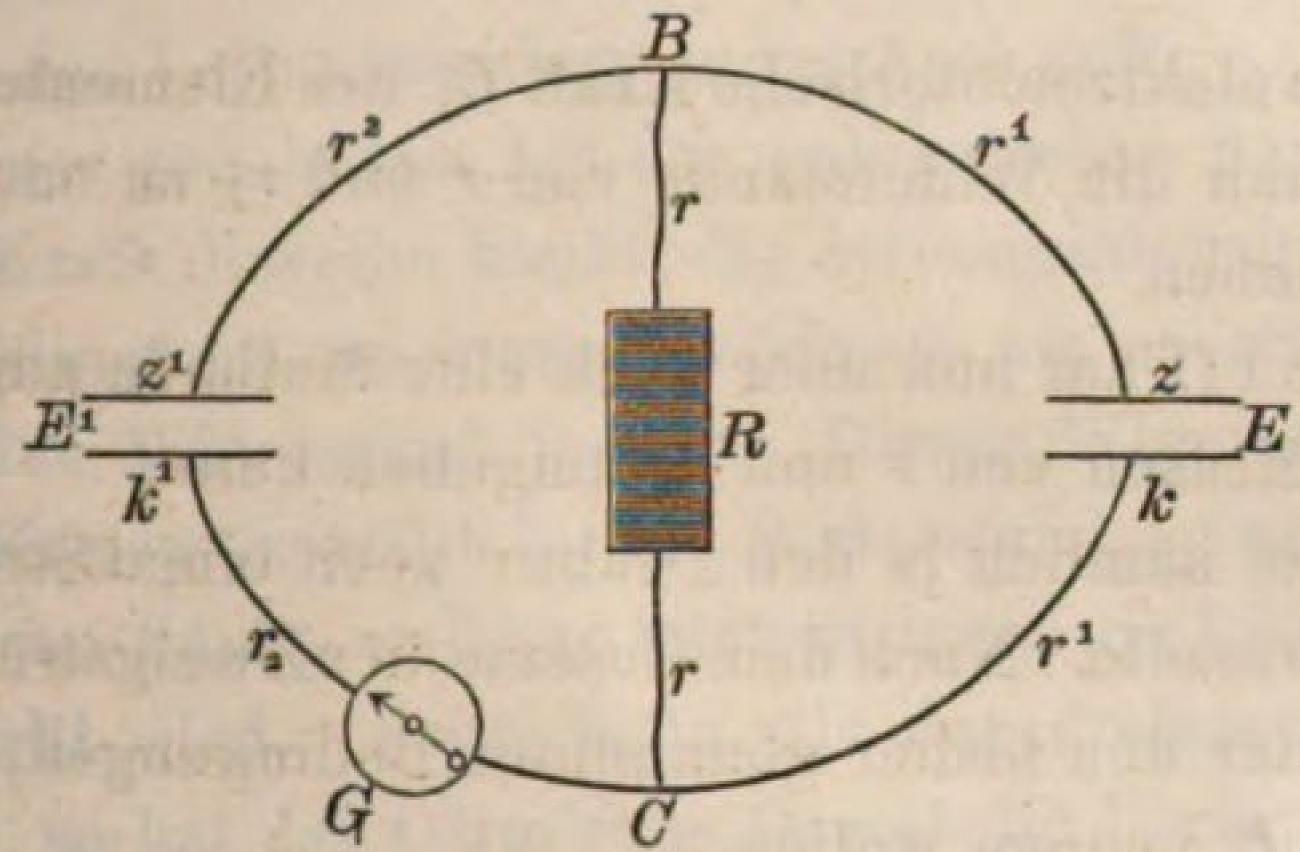
Diese wenigen Anführungen zeigen, dass von allen in Gebrauch befindlichen Säulen die Grove'sche Säule die grösste elektromotorische Kraft liefert.

[1]) Brix Journal XIV. p, 217.

Behuf Gebrauchs des Siemens'schen Universalgalvanometers müssen wir nun auch noch die Methode von Poggendorff zur Bestimmung der elektromotorischen Kraft besprechen.

Es stelle der hier Fig. 36 gezeichnete Kreis mit der Verbindung BC eine Wheatstone'sche Brücke dar. Soll die elektromotorische Kraft des galvanischen Elementes E_1 geprüft werden, so verbindet man dieses Element mit einem constanten anderen Element, dessen elektromotorische Kraft E sein mag und schaltet beide so, dass die Ströme in dem Bogen ZBZ_1

Fig. 36.



einander entgegengesetzt laufen. Ausserdem wird in dem Bogen KCK_1 ein Galvanometer, und in der Verbindungsbrücke CB ein Rheostat eingeschaltet, worauf man mittelst dieses letzteren Apparates soviel Widerstand einschaltet, dass das Galvanometer G auf 0 steht, d. h. dass in dem Leiter $CK_1 = r_2$ kein Strom vorhanden ist. Dann findet man die elektromotorische Kraft E_1 folgendermassen.

Nach den Gesetzen der Stromverzweigung, die wir sogleich noch genauer werden kennen lernen, ist, wenn nur die Säule KZ wirksam wäre, die Intensität J_2 in dem Zweige $CK_1Z_1B\,(r_2)$

$$J_2 = \frac{Er}{rr_1 + r_1r_2 + rr_2}.$$

Wäre ferner nur die Säule K_1Z_1 wirksam, die wir i_2 nennen wollen, so würde nach demselben Gesetze in demselben Drahte r_2 sein

$$i_2 = -\frac{E_1(r + r_1)}{rr_1 + r_1r_2 + rr_2}.$$

Addirt man diese beiden Intensitäten $(J_2 + i_2)$ so erhält man die Intensität im Falle, dass beide Säulen wirken in dem Leiter r_2. Nennen wir diese Intensität J, so ergiebt sich

$$J = \frac{Er - E_1(r + r_1)}{rr_1 + r_1r_2 + rr_2}.$$

So wäre die Intensität ohne Einschaltung von Rheostatwindungen. Nun haben wir aber dieses $J = 0$ gemacht und soeben ergab sich dieses J gleich einer Differenz. Daraus folgt, dass für diesen Fall die beiden Theile gleich sein müssen, weil wir ja sonst, wenn wir sie von einander abziehen, nicht Null erhalten könnten. Für den Fall, dass also $J = 0$ ergiebt sich, da die Nenner an und für sich gleich sind

$$E r = E_1 (r + r_1),$$

woraus dann folgt

$$E_1 = E \frac{r}{r + r_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1.$$

Um also die elektromotorische Kraft E_1 des Elementes $K_1 Z_1$ kennen zu lernen, hat man die Widerstände von r und r_1 zu messen, was wir früher gelernt haben.

Poggendorff hat nun aber noch eine Methode angegeben, durch die man dieses Messen von r und r_1 umgehen kann.

Man schaltet nämlich in den Draht r noch einen Strommesser etwa eine Tangentenbussole. Nach dem Gesetze der Zweigströme ist aber die Stromstärke, unter den bisher genannnten Bedingungen, in dem Zweige $B\,C(r)$, die wir J_r nennen wollen

$$J_r = \frac{E_1 r_1 + E r_2}{r r_1 + r r_2 + r_1 r_2}.$$

Vorhin haben wir aber gefunden:

$$E_1 = E \frac{r}{r + r_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1.$$

Setzt man diesen Werth von E_1 in die obere Gleichung, so erhält man

$$J_r = \frac{E \frac{r}{r + r_1} + E r_2}{r r_1 + r r_2 + r_1 r_2}$$

$$= \frac{E \frac{r r_1 + r r_2 + r_1 r_2}{r + r_1}}{r r_1 + r r_2 + r_1 r_2}$$

$$= E \frac{1}{r + r_1}.$$

Es ist aber aus Gleichung 1 auch

$$\frac{E_1}{r} = E \frac{1}{r + r_1},$$

also ist
$$J_r = \frac{E_1}{r},$$

mithin $$r J_r = E_1.$$

Dieses J_r lesen wir aber an der Tangentenbussole ab und wir haben also nur auf anderem Wege r zu messen.

10. Die vortheilhafteste Verbindung mehrerer Elemente zu einer galvanischen Batterie. Wir haben bereits bei der Besprechung des Leitungswiderstandes gesehen, dass die daselbst angewandten Methoden sich aus der Anwendung des Ohm'schen Gesetzes ergaben. Dasselbe giebt aber auch über alle verschiedenen Modificationen der Stromstärke bei den in und ausserhalb der Säule vorkommenden Abänderungen des Leitungswiderstandes Auskunft.

Da bei einer gegebenen Art der galvanischen Säule, wo die elektromotorische Kraft dieselbe bleibt, die Stromesintensität nur durch den Widerstand bedingt ist, so muss der Strom um so stärker werden, je kleiner man den Widerstand macht. Dieser Widerstand des ganzen galvanischen Kreises zerfällt in den Widerstand in und in den Widerstand ausser der Säule, welcher letztere durch die leitende Verbindung der Pole bewirkt wird. Bezeichnen wir den ersteren mit W und den anderen mit w, so hat das Ohm'sche Gesetz die Form:

$$J = \frac{E}{W + w}.$$

Denken wir bei unveränderter Säule die leitende Verbindung der Pole, d. h. w, geändert, so wird klar, dass die Stromstärke wächst und abnimmt mit der Verkleinerung und Vergrösserung des Widerstandes ausserhalb der Säule, freilich nicht in gleichem Verhältniss mit demselben, weil er ja nur ein Summand des Nenners ist. Dasselbe gilt nun bei unveränderter Leitung ausserhalb der Säule, wenn durch irgend welches Mittel der Widerstand in der Säule geändert wird. Bei einem Elemente ist dies nur möglich durch Annäherung oder Entfernung der Platten von einander oder durch Aenderung des Zustandes der Flüssigkeiten. Besteht aber die Säule aus mehreren galvanischen Bechern, so lässt sich der Widerstand in der Säule durch verschiedene Combination dieser Becher ändern.

Sind z. B. n gleiche Elemente irgend welcher Art gegeben, so lassen sich dieselben, wenn wir zunächst die Extreme betrachten wollen, entweder so ordnen, wie es gewöhnlich geschieht, dass immer die elektropositive Platte des einen Elementes mit der negativen des folgenden, d. h. par cascade, verbunden wird, oder so, dass alle positiven Platten und ebenso alle negativen mit einander verbunden werden.

In dem ersten Falle haben wir nmal die elektromotorische Kraft

und auch nmal den Widerstand eines Elementes, im zweiten dagegen bilden sämmtliche Elemente ein nmal so grosses Element, dadurch bleibt die elektromotorische Kraft gleich der eines Elementes, aber der Widerstand desselben wird $\frac{1}{n}$ des einfachen Elementes. Im ersten Falle ist die Stromstärke

$$J = \frac{nE}{nW + w},$$

im zweiten dagegen

$$J = \frac{E}{\frac{W}{n} + w} = \frac{nE}{W + nw}.$$

Aus der Vergleichung beider Werthe wird klar, dass sowohl die eine als auch die andere Verbindungsart vortheilhafter sein kann, je nach dem Verhältniss der Grösse von W und w. Ein jedes beliebig gewählte Beispiel lehrt, dass unter den gegebenen Bedingungen für die Zusammensetzung der Säule die Stromstärke in dem Falle die grössere wird, wenn n als Factor zu dem kleineren Summanden des Nenners tritt, d. h.: Bei der Verbindung der Elemente der Säule nach einander (par cascade) wird die Stromstärke grösser, als bei der Verbindung neben einander, wenn der Widerstand in der Säule kleiner ist, als der ausserhalb derselben, dagegen wird sie kleiner, wenn das Umgekehrte stattfindet.

Ausser diesen beiden Arten der Verbindung einer Anzahl von Elementen giebt es nun noch mehrere, bei denen die obigen beiden Fälle combinirt sind. Man kann nämlich die Elemente in einzelnen Gruppen zu einem Element, d. h. neben einander verbinden, und diese Gruppen par cascade. Nehmen wir z. B. $n = 6$ an, so würde der erste Fall — die einfache Verbindung par cascade — durch Fig. 37, dagegen die zweite durch Fig. 40 dargestellt werden. Die dazwischen liegenden Fälle würden die Zeichnungen 38 und 39 geben.

Es fragt sich, welche dieser Zusammenstellungen in jedem gegebenen Falle die vortheilhafteste ist.

Setzen wir den Flächeninhalt aller Erregerplatten $= 1$ und verbinden dieselben zu x gleichen Elementen[1]), so ist die Fläche jeden Elementes $= \frac{1}{x}$ des ganzen Flächeninhaltes, und, wenn wir den Widerstand aller Erregerplatten, wenn sie zu einem Element verbunden wären,

[1]) Eisenlohr, Physik 6 Aufl. pag. 524.

ebenfalls $= 1$ setzen, so ist der Widerstand eines jeden dieser x Elemente $= x$, also der Widerstand W aller Elemente $= x^2$. Bezeichnen wir

Fig. 37.

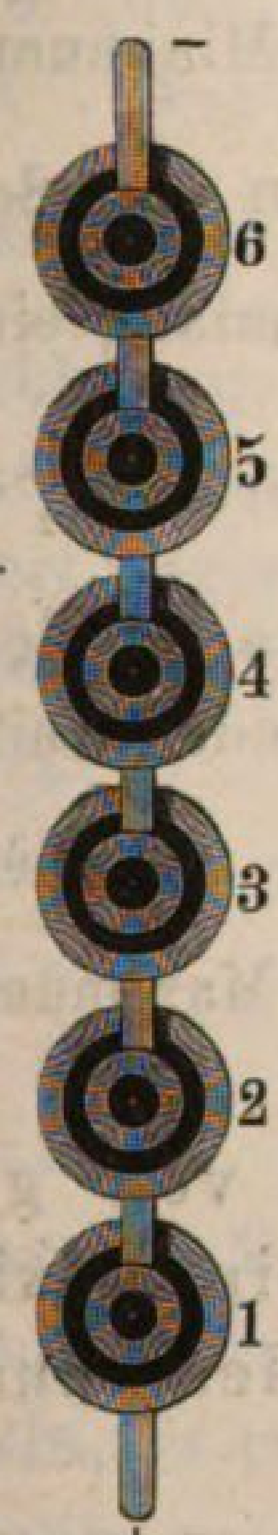


Fig. 38.

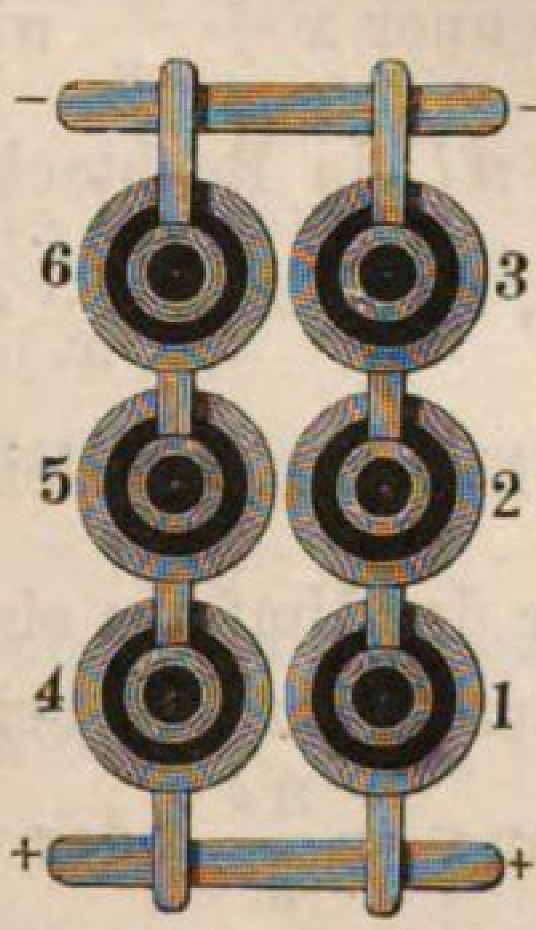


Fig. 39.

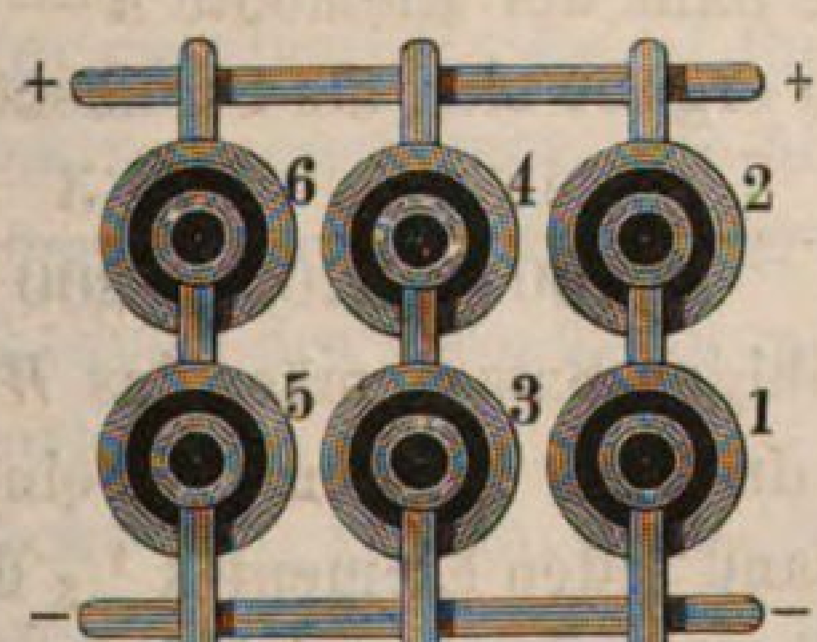
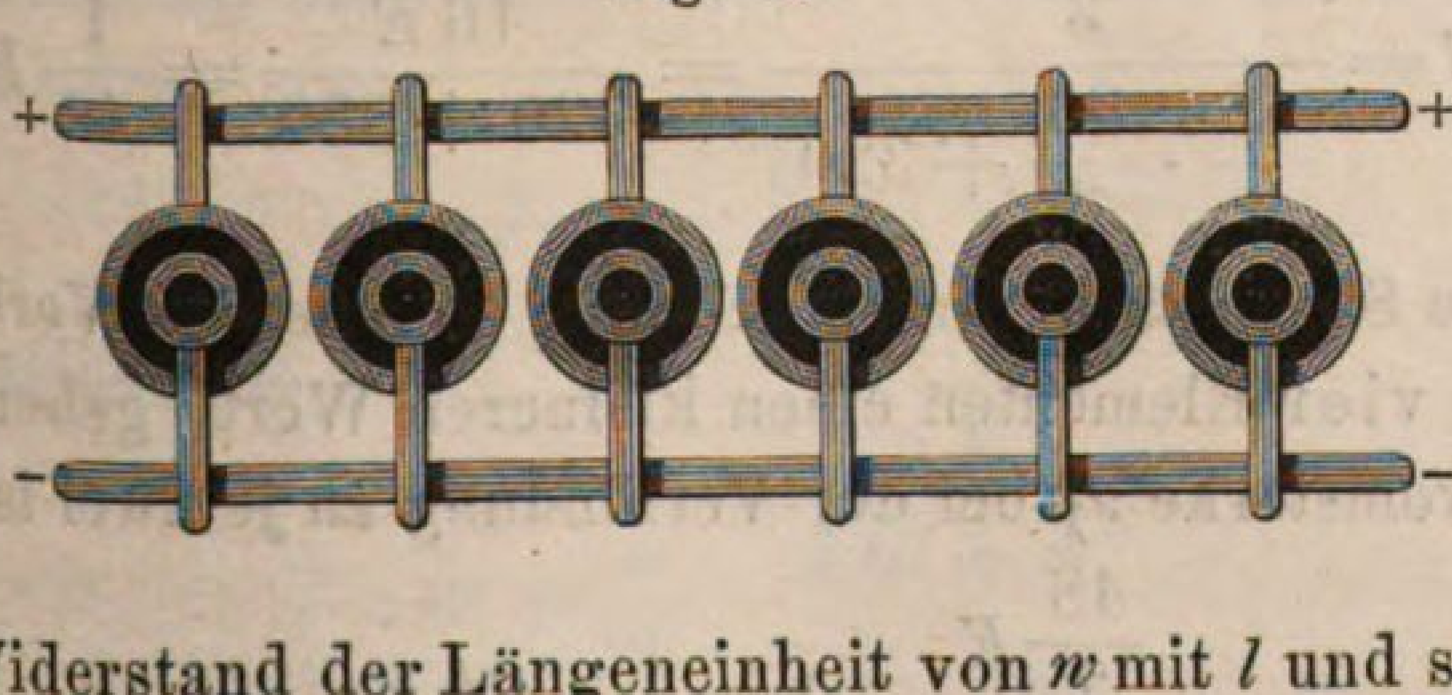


Fig. 40.



ferner den Widerstand der Längeneinheit von w mit l und sind n solcher Einheiten vorhanden, so ist $w = n\,l$. Für diesen Fall erhält man als Ausdruck für die Stromstärke dieser Verbindung:

$$J = \frac{xE}{x^2 + nl} = \frac{E}{x + \frac{nl}{x}}.$$

Dieser Nenner $x + \frac{nl}{x}$ wird aber ein Minimum, wenn $x^2 = nl$ ist. Stellt nämlich nl ein Rechteck dar, dessen eine Seite $= n$ und dessen andere $= l$ ist, so ist $x + \frac{nl}{x}$ der halbe Umfang eines anderen Rechtecks, dessen Flächeninhalt gleich dem früheren ist, weil $x \cdot \frac{nl}{x} = nl$ ist. Nun wird aber der Umfang eines Rechtecks von dem gegebenen Inhalt nl ein Minimum, wenn die beiden anliegenden Seiten einander gleich sind, d. h. wenn $x = \frac{nl}{x}$, oder $x^2 = nl$ ist. Ist aber der Nenner eines Bruches ein Minimum, so ist der Bruch ein Maximum. Hieraus folgt der von Jacobi gefundene Satz:

„Die Stromstärke einer Säule von gegebener Oberfläche ihrer Erregerplatten wird ein Maximum, wenn der Widerstand in der Säule gleich dem ausserhalb derselben ist".

Wäre also z. B. der Widerstand eines Elementes einer gegebenen Säule = 60 Maasseinheiten, wäre ferner der Widerstand ausserhalb der Säule $w = 320$ und die Zahl der Elemente $n = 48$, und man verbände diese nach einander, so ergäbe sich als Stromstärke

$$J = \frac{48\,E}{48 \cdot 60 + 320} = \frac{3}{200}\,E.$$

Wollte man dem obigen Satz gemäss das W gleich dem w machen, so hätte man immer je drei der Elemente zu einem zu verbinden. Dadurch wird der Widerstand jeden Elementes $^1/_3$ des vorigen und die Zahl der Elemente $^1/_3$ der früheren, woraus sich dann als Stromstärke ergiebt:

$$J = \frac{\frac{48}{3}\,E}{\frac{48}{3} \cdot \frac{60}{3} + 320} = \frac{16\,E}{320 + 320} = \frac{1}{40}\,E.$$

Ist diese Stromstärke das Maximum, so muss die Verbindung zu je zwei und je vier Elementen einen kleineren Werth geben; und in der That, die Stromstärke J_1 bei der Verbindung zu je zwei ist:

$$J_1 = \frac{\frac{48}{2}\,E}{\frac{48}{2} \cdot \frac{60}{2} + 320} = \frac{24\,E}{720 + 320} = \frac{3}{130}\,E.$$

Dagegen ist die Stromstärke J_{II} bei der Verbindung zu je vier:

$$J_{II} = \frac{\frac{48}{4} E}{\frac{48}{4} \cdot \frac{60}{4} + 320} = \frac{12 E}{180 + 320} = \frac{3}{125} E.$$

Wir sehen also, dass beide Werthe $\frac{3}{130}$ und $\frac{3}{125}$ kleiner sind, als der bei der Verbindung zu dreien.

Eine Zusammenstellung der Stromstärke bei den verschiedenen Combinationen liefert folgende Reihe:

Stromstärke	bei	der	Verbindung	der einzelnen	Elemente	: $^3/_{200}\,E$.
„	„	„	„	je zweier	„	: $^3/_{130}\,E$.
„	„	„	„	„ dreier	„	: $^3/_{120}\,E$.
„	„	„	„	„ vier	„	: $^3/_{125}\,E$.
„	„	„	„	„ fünf	„	: $^3/_{136}\,E$.
„	„	„	„	„ sechs	„	: $^3/_{150}\,E$. cte.

Wir sehen, dass die Verbindung zu drei Elementen das Maximum liefert. Die Verbindung zu fünf würde mit den gegebenen Elementen nicht ausführbar sein, es müsste zu dem Ende die ganze Oberfläche zu beliebiger Vertheilung zur Disposition stehen, für diesen Fall würde sich das eben berechnete Resultat herausstellen.

11. **Die Stromverzweigung.** Es ist für verschiedene Fälle bei der Anwendung des Elektromagnetismus, wie überhaupt beim Gebrauch von galvanischen Strömen, von Wichtigkeit, die Stromintensität zu kennen, welche bei Theilung des Stromes in mehrere Zweige in jedem der einzelnen Leiter vorhanden ist.

Denken wir zunächst die Verbindung der Pole einer Säule verdoppelt, so dass, während vorher ein Draht die Leitung bildete, jetzt noch ein zweiter hinzugefügt wird, so wird dadurch der Widerstand w ausser der Säule auf die Hälfte reducirt, während zuvor der Ausdruck für die Stromstärke

$$J = \frac{E}{W + w}$$

war, ist derselbe jetzt

$$J = \frac{E}{W + \frac{w}{2}} = \frac{2 E}{2 W + w}.$$

Ist also w so klein, dass es gegen W vernachlässigt werden kann, so ist in beiden Fällen die Stromstärke dieselbe, es ist alsdann in jedem

der Zweige die halbe Stromstärke der früheren. Ist dagegen W so klein, dass es gegen w vernachlässigt werden kann, so ergiebt sich jetzt ein doppelt so starker Strom als zuvor, und die Stromstärke ist in jedem der Zweige gleich der in dem einen Leiter zuvor. — Unter den in der Folge zur Sprache kommenden Verhältnissen tritt viel eher der zweite, als der erste Fall ein, gewöhnlich aber ist es keiner von beiden, wie man wohl einsehen wird, sondern sowohl W als w sind von solcher Grösse, dass sie nicht unbeachtet bleiben können. Ausserdem kommt nun häufig noch der Fall vor, dass der eine Zweig des Stromes an Widerstand durchaus von dem anderen verschieden ist.

Wir werden später sehen, dass zur Beförderung des Betriebes auf den Eisenbahnlinien oft mehrere Leitungen dieselbe Richtung nehmen, so dass man z. B. von der Station Stettin gleichzeitig nach Königberg und Posen telegraphiren kann. Es fragt sich nun, wenn eine Batterie nach Posen in Thätigkeit ist: Kann man mit derselben auch gleichzeitig noch nach Königsberg telegraphiren? Physikalisch ausgedrückt heisst die Frage: „Wenn ein Strom mittelst einer gegebenen Batterie auf eine Entfernung von Stettin nach Posen wirkt, ist er dann noch stark genug die Apparate in Bewegung zu setzen, wenn man denselben theilt, und den Zweig nach Königsberg führt?" Aehnliche Fragen stellen sich unter den mannichfaltigsten Verhältnissen bei der Anwendung des Elektromagnetismus heraus. So ist die Frage nach der Stromintensität in den einzelnen Verzweigungen bei der vorerwähnten Wheatstone'schen Brücke ebenfalls hierhergehörig.

Alle diese auf die Stromverzweigung bezüglichen Fragen lassen sich lösen durch zwei von Kirchhoff aufgestellte und mathemathisch bewiesene Sätze. Sie heissen[1]:

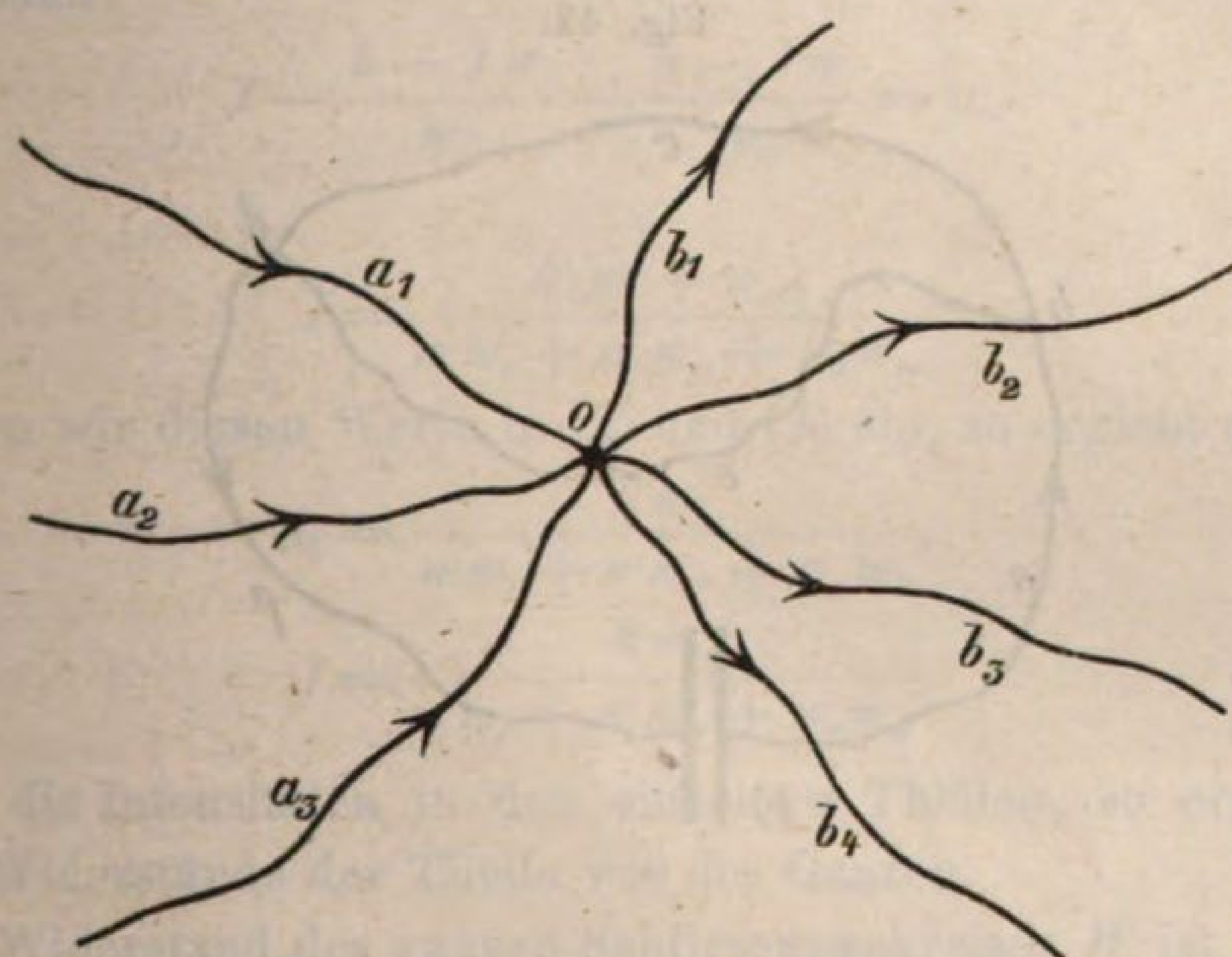
„Wenn ein System von Drähten, die auf eine ganz beliebige Weise mit einander verbunden sind, von galvanischen Strömen durchflossen wird, so ist

1. die Summe der Stromstärken in allen denjenigen Drähten, welche in einem Punkt zusammenstossen, gleich Null; und
2. in allen denjenigen Drähten, welche eine geschlossene Figur bilden, die Summe aller Produkte aus den Stromstärken in jeder Strecke und dem Widerstande in derselben gleich der Summe aller erregenden Kräfte auf diesem Wege."

[1]) Pogg. Ann. 64 pag. 513.

Ist o, Fig. 41, der Punkt, in welchem eine Menge von Drähten zusammenstösst, und fliessen in den Drähten a_1, a_2, a_3 Ströme, wie die Pfeile anzeigen, nach dem Punkt o hin, dagegen in den vier Drähten b_1, b_2, b_3, b_4 Ströme von demselben weg, welche wir mit $+ J a_1$ etc. und $- J b_1$ etc. bezeichnen wollen, denn es sind natürlich die zufliessen-

Fig. 41.



den Ströme mit entgegengesetztem Zeichen wie die abfliessenden zu versehen, so ist nach dem Satze No. 1

$$J a_1 + J a_2 + J a_3 - J b_1 - J b_2 - J b_3 - J b_4 = o.$$

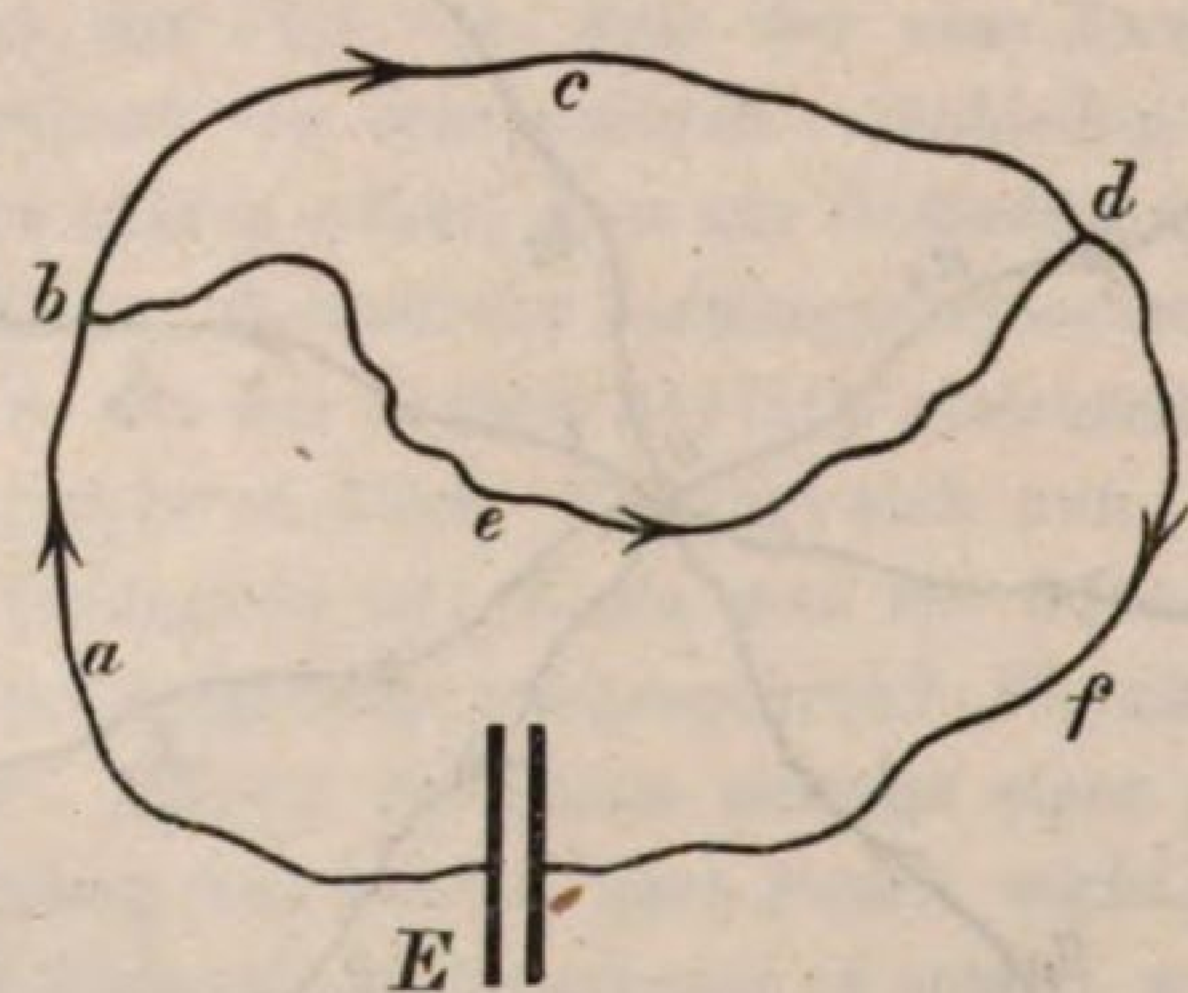
Die Richtigkeit dieses Satzes leuchtet schon von vorn herein ein, denn wäre dies nicht der Fall, so wären nur zwei Fälle möglich. Entweder es sammelte sich in o Elektricität an, was allen Begriffen über geleitete Elektricität widerspricht, oder es wäre daselbst weniger vorhanden, als an allen anderen Stellen der Leiter, was heissen würde, es ströme mehr ab, als ankommt. Letzteres müsste erst recht als widersinnig anerkannt werden.

Die in Bezug auf den zweiten Satz am häufigsten vorkommenden und überdies mit zu den einfachsten gehörenden Fälle, sind die folgenden beiden.

Es sei E, Fig. 42, eine Volta'sche Säule, welche durch den Leiter $E a b$ einen Strom in der durch den Pfeil angedeuteten Richtung sendet, der die Intensität J habe. Theilt sich nun bei b der Strom in die beiden Zweige $b c d$ und $b e d$, so muss derselbe über d und f nach E zurückkehrend wieder dieselbe Intensität J haben, und es ist die Frage, welche

Intensität der sich in die beiden Zweige von verschiedener Leitungsfähigkeit theilende Strom eben in diesen Zweigen habe. Nennen wir den Widerstand in dem unvertheilten Stromwege, nämlich $dfEab$, wo die Intensität J ist, w, die Intensität im Zweige $bcd = J_{,}$ und dessen Widerstand $w_{,}$ und endlich die Intensität im Zweige $bed = J_{,,}$ und dessen Widerstand $w_{,,}$; so muss nach dem zweiten Satze in der ge-

Fig. 42.



schlossenen Figur $bcde$, da keine erregende Kraft auf diesem Wege ist, die Summe der in ihnen vorhandenen Intensitäten multiplicirt mit den entsprechenden Widerständen gleich Null sein, wenn wir die Stromesrichtung immer nach derselben Seite hin nehmen. Es muss also sein:

$$J_{,}w - J_{,,}w_{,,} = 0, \tag{1}$$

oder

$$J_{,}w_{,} = J_{,,}w_{,,},$$

oder

$$J_{,} : J_{,,} = w_{,,} : w_{,},$$

d. h. die Intensität der Ströme in diesen Zweigen verhält sich umgekehrt wie ihre Widerstände.

Ferner ist nach No. 2 aus denselben Gründen, wenn wir k die erregende Kraft in diesem Kreise nennen:

$$Jw + J_{,}w_{,} = k, \tag{2}$$

und

$$Jw + J_{,,}w_{,,} = k; \tag{3}$$

nach No. 1 aber

$$J - J_{,} - J_{,,} = 0. \tag{4}$$

Substituirt man in diese Gleichung (4) die Werthe von

$$J_{,} = \frac{k - J w}{w_{,}},$$

und

$$J_{,,} = \frac{k - J w}{w_{,,}},$$

so erhält man:

$$J - \frac{k - J w}{w_{,}} - \frac{k - J w}{w_{,,}} = 0.$$

Folglich

$$J = \frac{k (w_{,} + w_{,,})}{w w_{,} + w w_{,,} + w_{,} w_{,,}}. \qquad (5)$$

Setzen wir diesen Werth in (2) und (3) ein, so ergiebt sich

$$J_{1} = \frac{k w_{1}}{w w_{,} + w w_{,,} + w_{,} w_{,,}}. \qquad (6)$$

$$J = \frac{k w_{,,}}{w w_{,} + w w_{,,} + w_{,} w_{,,}}. \qquad (7)$$

Wie die Intensitäten in den einzelnen Theilen, so ergeben sich auch die Widerstände der Theile wie des Ganzen.

Der Widerstand des ganzen Schliessungskreises W ist aus (5):

$$W = \frac{k}{J} = \frac{w w_{,} + w w_{,,} + w_{,} w_{,,}}{w_{,} + w_{,,}} = w + \frac{w_{,} w_{,,}}{w_{,} + w_{,,}}.$$

Da nun aber der Widerstand des unverzweigten Leiters w ist, so ist der Gesammtwiderstand des verzweigten Leiters von b bis d:

$$\frac{w_{,} w_{,,}}{w_{,} + w_{,,}}.$$

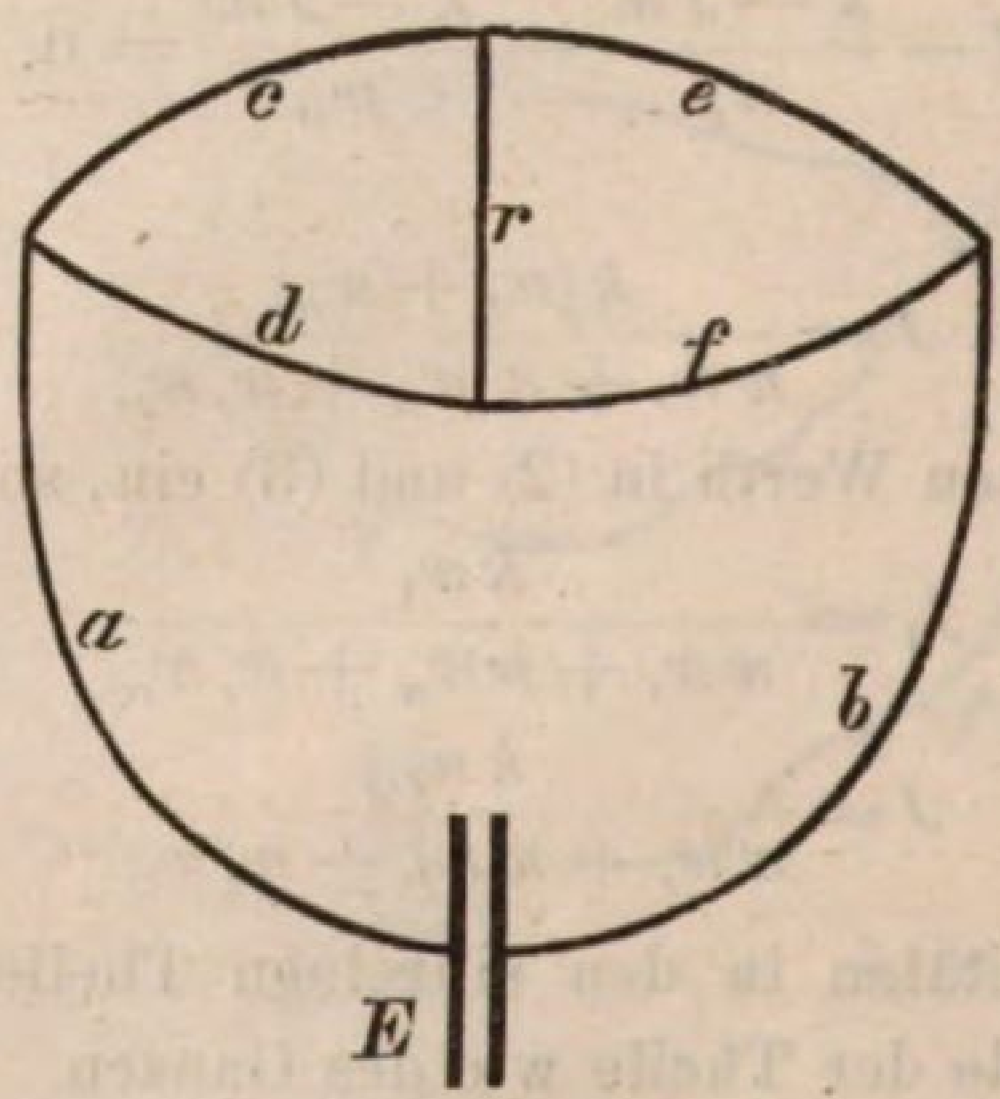
In gleicher Weise wie für zwei Zweigströme lassen sich die Werthe für mehrere berechnen. Für drei Zweige würde sich als Widerstand ergeben:

$$\frac{w_{,} w_{,,} w_{,,,}}{w_{,} w_{,,} + w_{,} w_{,,,} + w_{,,} w_{,,,}}.$$

Der zweite der erwähnten Fälle betrifft die Stromintensität bei der Verzweigung der Wheatstone'schen Brücke. Die Fig. 43 stellt das Schema derselben dar. Der von E ausgehende Strom durchfliesst die beiden Leiter a und b mit derselben Intensität und geht dabei durch die beiden Arme ce und df, welche zum Unterschiede gegen die frühere Verbindung noch durch einen Leiter r mit einander verbunden sind, der eben die Brücke heisst. Nennen wir nun der Reihe nach die Stromstärken und Widerstände

in a und $b = J$ und W,
in $c \quad = i_1$ und w_1,
in $e \quad = i_2$ und w_2,
in $d \quad = i_3$ und w_3,
in $f \quad = i_4$ und w_4,
in $r \quad = i$ und w,

Fig. 43.



so ist nach dem ersten Satze Kirchhoffs, wenn wir uns den Strom von E aus durch a, c, d, etc. fliessend denken, der Strom J in a und auch in b:

$$J = i_1 + i_3 = i_2 + i_4.$$

Ferner in dem Vereinigungspunkte von c, e und r, wenn der Strom durch c nach e und r hinfliesst, ist die Intensität

$$i = i_1 - i_2.$$

Von d und r her geht der Strom durch f, es ist also in Folge dessen

$$i = i_4 - i_3.$$

Also ist

$$i = i_1 - i_2 = i_4 - i_3.$$

Nach dem zweiten Satze Kirchhoffs muss aber in dem Kreise $c\,r\,d$

$$i_1 w_1 + i w - i_3 w_3 = 0.$$

sein, woraus sich ergiebt:

$$i w = i_3 w_3 - i_1 w_1,$$

und in r, f und e

$$i w = i_2 w_2 - i_4 w_4.$$

Hiernach ist nun die Intensität i des Stromes in der Brücke, wenn man i_1, i_2, i_3 und i_4 eliminirt:

$$i = J \cdot \frac{w_2 w_3 - w_1 w_2}{(w_1 + w_3)(w_2 + w_4) + w(w_1 + w_2 + w_3 + w_4)}.$$

Aus den von Kirchhoff gegebenen Entwickelungen leitet Bosscha Sätze ab, deren Anwendung oft die Rechnung erleichtert[1]):

1. „Wenn in einem System von irgend welchen Leitern, die irgend welche elektromotorische Kraft enthalten, sich ein Leiter befindet, in dem die Intensität $= 0$ ist, so ändert sich an den Intensitäten der Ströme in den übrigen Leitern nichts, wenn man diesen Leiter durchschneidet, oder ihn mit der etwa darin befindlichen elektromotorischen Kraft aus dem System fortnimmt."
2. „Enthält dieser Leiter keine elektromotorische Kraft, so werden die Stromintensitäten nicht geändert, wenn man, nach Entfernung des Leiters, die Punkte, in welche dieser Leiter auslief, direkt verbindet. Enthält er dagegen eine elektromotorische Kraft, so muss man eine dieser gleiche in den in dem einen oder anderen Punkte endigenden Leitern anbringen."
3. „In irgend einem System von linearen Leitern, die irgend welche elektromotorische Kräfte enthalten, wird die Stromintensität, erzeugt in einem der Leiter a durch eine in einem anderen b befindliche elektromotorische Kraft, gleich sein der, welche in b durch eine in a vorhandene gleiche Kraft hervorgebracht werden würde."
4. „Wenn sich in einem System von linearen Leitern zwei Leiter a und b befinden, der Art, das eine in dem einen a befindliche elektromotorische Kraft keinen Strom in dem anderen b erzeugt, so ändert sich nichts an der Intensität des Stromes in b, wenn man den Leiter a durchschneidet oder fortnimmt, eben so wenig an der Intensität in a, wenn man den Leiter b durchschneidet oder fortnimmt, wie auch die elektromotorischen Kräfte in übrigen Leitern sein mögen."

 „In gleicher Weise tritt keine Aenderung ein, wenn man die Endpunkte der fortgenommenen Leiter direkt vebindet."

12. **Bestimmung der Polarisation in der Säule.** Wir wissen, dass die Polarisation einen neuen elektrischen Gegensatz in der Säule hervorruft, und dass dieser Gegensatz der ursprünglichen elektromoto-

[1]) Pogg. Ann. 104 pag. 460.

rischen Kraft entgegen wirkt, mithin ebenfalls wie der Widerstand den Strom der Säule schwächt. Zur Ermittlung der Grösse dieser Polarisation verfährt man folgendermassen.

Man schaltet die Flüssigkeit, welche auf ihre Polarisation geprüft werden soll, in den Schliessungsdraht einer galvanischen Kette und lässt sie so von dem Strome durchfliessen. Dann bewirkt die Polarisation ausser dem Widerstande dieser Flüssigkeit eine zweite Verminderung der Stromstärke durch den Gegenstrom des neuen elektrischen Gegensatzes, der, wie wir wissen, immer dem Strome entgegengesetzt ist.

Bedeutet nun E die elektromotorische Kraft der angewandten Säule, e die Polarisation, d. h. die elektromotorische Kraft der eingeschalteten Flüssigkeit, W den Widerstand in der Säule ϱ, und r die Widerstände des eingeschalteten Rheostaten und F den Widerstand der Flüssigkeit, so ist der Strom der Säule ohne Einschaltung:

$$S=\frac{E}{W},$$

und diesen können wir am Galvanometer messen. Ferner ist die Stromstärke S_1 der Säule, wenn der Rheostatendraht eingeschaltet ist:

$$S_1=\frac{E}{W+\varrho}.$$

Drittens bewirkt die Flüssigkeit, die auf die Polarisation geprüft werden soll, eine Stromstärke, welche mittelst des Rheostaten wieder auf die beiden früheren Werthe S und S_1 gebracht werden. Diese müssen dann nach dem Ohm'schen Gesetz ausgedrückt werden:

$$S=\frac{E-e}{W+F+r},$$

und

$$S_1=\frac{E-e}{W+F+\varrho}.$$

In diesen vier Gleichungen lassen sich die Werthe bestimmen, welche die Unbekannte e finden lassen. Die beiden ersten Gleichungen liefern nämlich W und E der Kette, und mit Hülfe dieser findet man aus den beiden anderen Gleichungen e und F, da ja ohne diese Werthe Alles bekannt ist.

II. Abschnitt.

Magnetismus und Induction.

II. Abschnitt.

Magnetismus und Induction.

§. 1.

Der Stahlmagnetismus.

1. Magnetismus. Zu der schon von den Alten her bekannten Art von Magneten ist seit dem Jahre 1825 eine neue entdeckt worden, welche sich im Wesentlichen dadurch von den früheren unterscheidet, dass ihr Magnetismus beliebig erzeugt und wieder aufgehoben werden kann. W. Weber hat diese Magnete daher mit dem Namen „veränderliche Magnete" bezeichnet, während er die früher bekannten beharrliche nennt.

Die ursprünglich im Magneteisenstein vorhandene Magnetkraft theilt sich dem Eisen mit, und zwar so, dass das weiche Eisen den Magnetismus so lange zeigt, als es in der Wirkungsphäre des Magneten bleibt, der harte Stahl dagegen zum bleibenden — beharrlichen — Magneten wird, wenn er einmal dieser Wirkung unterworfen gewesen ist.

Die Haupteigenschaft eines Magneten besteht darin, dass er auf einen anderen Magneten Anziehung ausübt, wobei es gleichgültig ist, ob der andere Magnet erst durch Annäherung des ersten seine Eigenschaft erhält, oder ob er ein bereits fertiger Magnet ist.

Nun hat zwar ein jeder Körper die Eigenschaft der Anziehung, die wir mit dem Namen der Gravitation bezeichnen, allein die magnetische Anziehungskraft, welche in so hohem Maasse nur dem Eisen eigen ist, unterscheidet sich wesentlich dadurch von der allgemeinen Anziehungskraft aller Körper, dass sie sich so äussert, als wäre sie in zwei Punkten ihres Trägers concentrirt, während die Gravitation von einem Punkte aus wirkend gedacht werden muss. Die beiden, Pole genannten, Punkte eines Magneten bilden in so fern einen Gegensatz, als der eine derselben denjenigen Pol eines anderen Magneten abstösst, den der andere anzieht.

Ausser dem Eisen und einigen andern Körpern zeigt auch die Erde diese magnetischen Eigenschaften, so dass ein frei schwebender Magnetstab von derselben in der Weise gerichtet wird, wie dies von einem jeden anderen Magneten geschieht. Ein jeder, entweder an

einem feinen Faden aufgehängter, oder auf einer Spitze balancirender Magnetstab, richtet sich mit seinen Polen nach zwei im Süden und Norden der Erde befindlichen Punkten, die deshalb die magnetischen Pole der Erde genannt werden müssen. Man hat aus diesem Grunde denjenigen Pol des Magnetstabes, welcher sich nach Norden richtet, den Nordpol, oder auch wohl den „bezeichneten" Pol genannt, während der andere der Südpol oder der unbezeichnete heisst.

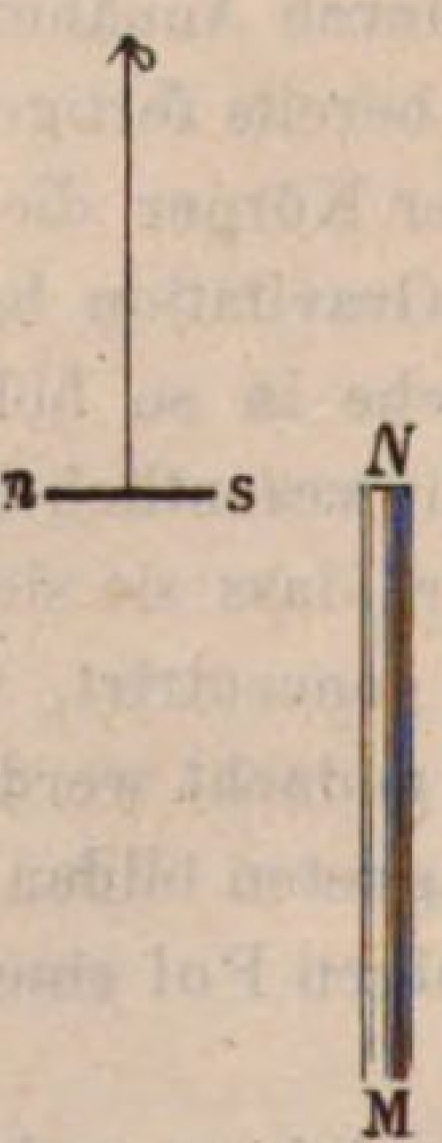
Die Beobachtung der Wirkung dieser Pole auf einander lehrt nun:

„Ungleichnamige Pole ziehen sich an, gleichnamige stossen sich ab."

2. Gesetz der Anziehung und Abstossung. Die magnetische Wirkung verbreitet sich gleichmässig nach allen Seiten im Raume und daraus folgt, dass ein einzelner magnetischer Punkt auf einen anderen magnetischen Punkt, wenn ein solcher isolirt von allen anderen hergestellt werden könnte, eine Anziehung oder Abstossung ausüben würde, welche dem Quadrate der Entfernung beider Punkte von einander proportional wäre. Da man nun aber einen einzelnen magnetischen Punkt, einen Nord- oder Südpol, nicht herstellen kann, weil mit einem jeden Nordpol stets ein Südpol verbunden ist, so wird dadurch dieses Gesetz, dass der Magnetismus proportional dem Quadrate der Entfernung wirkt, modificirt.

Stellt z. B. *ns*, Fig. 44, eine Magnetnadel und *N* den Nordpol

Fig. 44.

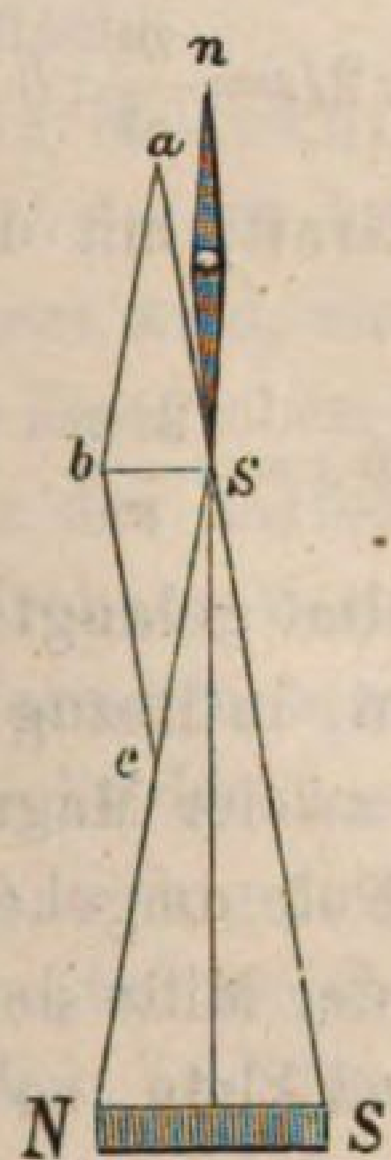


eines sehr langen Magneten dar, von dem hier nur der Theil *NM* gezeichnet ist, und bringt man den Nordpol *N* in verschiedene Entfernung von der Nadel, so wird die sich zeigende Anziehung um so mehr dem

Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional sein, je weiter der andere Pol der Nadel entfernt ist, d. h. je länger die Nadel ist, weil dann in um so höherem Grade der Fall eintritt, dass allein zwei magnetische Punkte einander gegenüber stehen. Und in der That findet man auch um so genauer die Anziehung in dem genannten Verhältniss, je mehr sich die Umstände den gegebenen Bedingungen nähern.

Haben nun aber die Nadel *ns* und der Magnetstab *NS* eine Lage zu einander, wie sie die Fig. 45 angiebt, so wird einerseits die Ab-

Fig. 45.



lenkung von *ns* um so grösser werden, je näher der Magnet sich dem Pole *s* der Nadel befindet, und andererseits leuchtet ein, dass die Ablenkung gleich Null sein würde, wenn der Stab *NS* so klein wäre, dass die beiden Pole im Verhältniss zur Entfernung von *s* als in einander fallend betrachtet werden müssten; denn alsdann würde *s* in derselben Richtung und mit derselben Kraft gleichzeitig angezogen und abgestossen werden.

Eine einfache Betrachtung zeigt klar, in welchem Verhältniss bei der in der Zeichnung gegebenen Stellung der beiden Magnete die Wirkung derselben auf einander stattfindet.

Nach dem bisher Gesagten stösst nämlich der Pol *S* des Magnetstabes den Pol *s* der Nadel mit einer Kraft ab, die wir durch $\frac{m}{r^2}$ bezeichnen können, wenn *m* die Abstossung in der Einheit der Entfernung und *r* die Entfernung bedeutet. Stellen wir diese Kraft $\frac{m}{r^2}$ durch die Linie *as*

dar, so wird die von N aus auf denselben Pol s der Nadel wirkende Kraft durch sc dargestellt. Hieraus folgt nach dem Gesetz vom Parallelogramm der Kräfte, dass die Nadel mit der Kraft sb abgelenkt wird.

Aus der Aehnlichkeit der Dreiecke sNS und abs ergiebt sich aber

$$Ss : SN = as : bs.$$

Nun ist aber $Ss = r$,

$SN = 2l$ d. h. = der Nadellänge,

$$as = \frac{m}{r^2},$$

mithin die obige Proportion:

$$r : 2l = \frac{m}{r^2} : bs,$$

woraus für die resultirende Kraft, mit der die Ablenkung der Nadel stattfindet, folgt:

$$bs = \frac{2lm}{r^3}.$$

Zu einem ähnlichen Resultat gelangt man, wenn der Stab eine andere Lage zur Nadel einnimmt, in Bezug auf jeden Pol, woraus denn folgt, dass die Totalwirkung zweier Magnete auf einander der dritten Potenz der Entfernung ihrer Pole umgekehrt proportional ist. Ist nun die Entfernung der Pole von der Mitte der Stäbe gegen die Entfernung der Stäbe selbst verschwindend klein, so kann man statt des eben ausgesprochenen Satzes auch sagen:

„Die Resultante der Wirkungen zweier Magnete auf einander ist der dritten Potenz des Abstandes ihrer Mittelpunkte umgekehrt proportional.“

3. Theorie des Magnetismus. Um einen leichteren Ueberblick über alle die Erscheinungen zu erhalten, welche als Resultat einer eigenthümlichen Kraft sich ergeben, ist es wichtig, eine Ursache für sämmtliche Erscheinungen anzunehmen, ohne dass man im Stande wäre, die Realität dieser Ursache selbst direkt nachzuweisen. Eine solche, aus dem Wesen der Körper entnommene Ursache sämmtlicher in das betreffende Gebiet einschlagenden Erscheinungen nennt man eine Hypothese, und die daraus abgeleitete Erklärung sämmtlicher Erscheinungen die Theorie derselben.

Nach der von den Physikern aufgestellten Hypothese über den Magnetismus ist ein jedes kleinstes Theilchen eines magnetisirbaren Körpers ursprünglich selbst ein fertiger Magnet, welcher nach der einen Seite einen Nord- und nach der anderen Seite einen Südpol hat. Trotz

dieses Magnetismus seiner Moleküle bemerkt man jedoch an den magnetisirbaren Körpern, deren Hauptrepräsentant das Eisen ist, keinen Magnetismus, weil, wie die Theorie lehrt, nach jeder Richtung hin dieselbe Anzahl von gleichnamigen Magnetpolen gerichtet ist. Unter dieser Bedingung kann natürlich der Magnetismus nicht zur Geltung kommen, weil ja immer ein Elementarmagnet die Wirkung des anderen aufhebt. Ist man dagegen im Stande, den magnetischen Molekülen eine solche Richtung zu geben, dass ihre gleichnamigen Pole mehr oder weniger nach einer Seite gekehrt werden, so muss sich der Magnetismus aller Elementarmagnete in seiner Wirkung nach aussen hin summiren, und der Körper erscheint magnetisch.

Denkt man sich also die Moleküle jeder Eisenmasse wirklich drehbar, so erklärt sich daraus das Magnetischwerden des Eisens, sobald ihm ein Magnet genähert wird, und es unterscheidet sich hiernach der harte Stahl vom weichen Eisen eben dadurch, dass die Eisenmoleküle sich leicht, dagegen die des harten Stahls sich erst bei Anwendung einer grösseren Kraft drehen. Vervollständigt man diese Annahme der Drehbarkeit der Molekularmagnete noch durch den allerdings nahe liegenden Satz, dass die leicht drehbaren Moleküle durch ihren Einfluss auf einander auch leicht in ihre ursprüngliche Lage zurückkehren, während dieser gegenseitige Einfluss dies bei den schwer beweglichen Stahltheilen nicht zu bewirken im Stande ist; so ist damit auch der Unterschied zwischen den beharrlichen und veränderlichen Magneten erklärt.

Da das Eisen wie der harte Stahl feste Körper sind, so liegt es nahe, dass auch in ersterem die Theile nicht ganz ohne Hinderniss drehbar sein werden, ebenso wenig wie im härtesten Stahl die Theile nicht absolut dem gegenseitigen Einfluss widerstehen werden. Das heisst nach der entwickelten Theorie, der Magnetismus verschwindet im weichen Eisen nie vollständig, und der harte Stahl behält nie den ganzen einmal in ihm erregten Magnetismus. Das in jedem Eisen zurückbleibende Quantum von Magnetismus nennt man den remanenten Magnetismus.

4. Die Vertheilung des Magnetismus im Magneten. Von Wichtigkeit für die Anwendung eines Magneten ist die Kenntniss der Vertheilung der magnetischen Kraft auf der Oberfläche desselben. Wie die Theorie einerseits ein Mittel ist, die beobachteten Erscheinungen zu classificiren, so dient sie andererseits auch dazu, den Kreis der Erfahrungen durch consequente Anwendung derselben zu erweitern. So hat nun die Theorie des Magnetismus, welche Schlüsse auf die innere

Vertheilung desselben zulässt, die wir doch nicht beobachten können, Mittel an die Hand gegeben, auf denen wir zu einem Gesetz über die Vertheilung der Wirkung eines Magneten nach aussen hin gelangt sind.

Wenn nämlich die Moleküle, aus denen ein jeder Magnet besteht, gerichtet sind, so wird ein jeder Querschnitt desselben senkrecht auf seine Längsrichtung eine Ebene bilden, nach deren einen Seite hin nur Nordpole und auf deren anderen nur Südpole der Molekularmagnete sich befinden, und man kann daher jeden Magneten in Schichten senkrecht auf seine Längsaxe zerlegt denken, deren Dicke gleich der Länge eines Moleküles ist, und auf deren einer Seite Nordpole und auf der anderen Südpole sind. Obgleich nun kein Grund vorliegt, die einzelnen Moleküle ursprünglich verschieden stark magnetisch zu denken, so liegt dagegen die ganz unzweifelhafte Erfahrung vor, dass diese Moleküle in ihrem Complex in der Mitte am stärksten magnetisch sind. Dies lässt sich zunächst aus der Analogie mit an einander gereihten Magnetstäbchen schliessen. Fügt man nämlich mehrere kleine Stahlstäbe so an einander, dass die Enden sich berühren nnd die ganze Reihe einen Stab darstellt, und magnetisirt diese Reihe durch Entlangstreichen, so findet man nach Auseinandernehmen derselben den mittelsten Stab am stärksten magnetisch und die folgenden nach beiden Seiten bis zum Ende hin immer schwächer. Schon hieraus lässt sich schliessen, dass der in den einzelnen Schichten eines Magnetstabes vorhandene erregte Magnetismus in der Mitte am stärksten und am Ende am schwächsten sein müsse. Nun haben aber ferner Lenz und Jacobi direkte Untersuchungungen über diese Art der Vertheilung des Magnetismus angestellt, die dasselbe bewiesen[1]); und ich habe später gezeigt[2]), dass der in jedem Querschnitte eines Magneten **erregte Magnetismus** der Quadratwurzel aus der Entfernung dieses Querschnitts vom nächsten Ende des Magneten proportional ist.

Nun ist aber klar, dass wenn die auf einander folgenden Schichten sich berühren, wie das doch bei einem Magneten der Fall ist, von diesem in jeder einzelnen Schicht erregten Magnetismus nach aussen hin wenig zur Wirkung kommen kann, da ja immer der Nordmagnetismus der einen Schicht durch den Südmagnetismus der folgenden neutralisirt werden muss. Es leuchtet aber auch ein, dass gerade die Differenz des Magnetismus zwischen zwei auf einander folgenden Schichten derjenige Theil des Magnetismus ist, welcher nicht neutralisirt wird, und dieser

[1]) Pogg. Ann. 61 pag. 275; Dub, Elektromagnetismus pag. 245. [2]) Pogg. Ann. 104 pag. 262; Dub, Elektromagnetismus pag. 253.

Magnetismus wirkt frei nach aussen. Ich habe nun nachgewiesen[1]), dass der freie Magnetismus eines jeden Querschnitts auf der Länge eines Magneten proportional ist der Differenz zwischen der Quadratwurzel aus der halben Länge und der Quadratwurzel aus der Entfernung des Querschnitts bis zum nächsten Ende des Magneten.

Wie wir sehen, wird unter freiem Magnetismus die Kraft verstanden, mit welcher ein Magnet nach aussen wirkt. Diese Kraft kommt aber häufig nur dadurch zur Aeusserung, dass ein dem Magneten genähertes Stück Eisen selbst magnetisch wird. In diesem Falle wächst auch der Magnetismus des genäherten Eisens, das wir Anker nennen, proportional dem Magnetismus des Magneten, und es muss also in diesem Fall die Wirkung im quadratischen Verhältniss zu der des Magneten allein stehen.

Beim freien Magnetismus müssen wir uns die Wirkung des Magneten in der Weise ausgeübt denken, dass der angezogene Körper durch den wirkenden Magneten nicht selbst weiter magnetisirt wird. Dies findet z. B. bei einer durch den Magneten afficirten Nadel statt, die bis zur Sättigung magnetisirt ist.

Die Wirkung des Magneten auf einen Anker nennen wir daher nicht freien Magnetismus, sondern Anziehung, für die das Gesetz gilt:

die Anziehung ist dem Quadrate des freien Magnetismus proportional.

Wenn daher vorn als Gesetz für die Vertheilung des freien Magnetismus auf der Länge des Magneten die Differenz zweier Wurzeln sich herausstellte, so muss für die Anziehung das quadratische Verhältniss dieser Differenz gelten.

5. Magnetisirung. Aus der vorn besprochenen Theorie ergiebt sich nun auch, in welcher Weise das Magenetisiren eines gehärteten Stahlstabes geschieht. Vor Allem muss ihm natürlich ein Magnet genähert werden. Da jedoch die Molekularmagnete schwer beweglich sein sollen, damit sie nach Entfernen des Magneten nicht in ihre frühere Lage zurückkehren, so kostet es auch grosse Kraft, sie aus ihrer Lage zu bringen. Um daher mit einem Magneten einen Stahlstab magnetisch zu machen, bewegt man einen oder auch beide Pole desselben auf der ganzen Länge des Stabes entlang, damit der Magnet allen Theilen desselben möglichst nahe gebracht werde. Bei diesem Entlangführen des

[1]) Pogg. Ann. 106 pag. 93; Dub, Elektromagnetismus pag. 277.

Magneten geschieht nun ausser der möglichst grössten Annäherung der Pole noch etwas anderes. Es werden nämlich dabei die Molekularmagnete hin- und her bewegt, und gerade dieses Drehen der Moleküle nach der einen und anderen Seite scheint besonders wirksam für die Magnetisirung zu sein. Es scheint, als ob eine Auflockerung der Theilchen der Magnetisirung besonders förderlich wäre, denn alle Methoden, welche nach der theoretischen Anschauungsweise dies besonders befördern, wirken stark magnetisirend. So bewirkt man unter Anderem auch eine starke Magnetisirung, wenn man die Pole des zu magnetisirenden Stabes mit dem Magneten in Berührung bringt und nun den ersteren zu erschüttern sucht, etwa dadurch, dass man ihn auf dem Pole des Magneten hin und her kippt. Auch wird ein Stab stärker magnetisch, wenn man ihn, nachdem er in die Richtung des magnetischen Meridians gebracht ist, durch Stösse erschüttert, als wenn man dies nicht thut. Ein Magnet wird stärker magnetisch, wenn man ihn beim Streichen an beiden Seiten mit anderen Magneten zusammenbringt, armirt, und diese wieder unter einander verbindet, so dass das ganze System einen geschlossenen Kreis bildet. Weshalb dies die Magnetisirung fördert, folgt aus dem Wesen des Hufeisenmagneten.

6. Der Hufeisenmagnet und das magnetische Magazin.

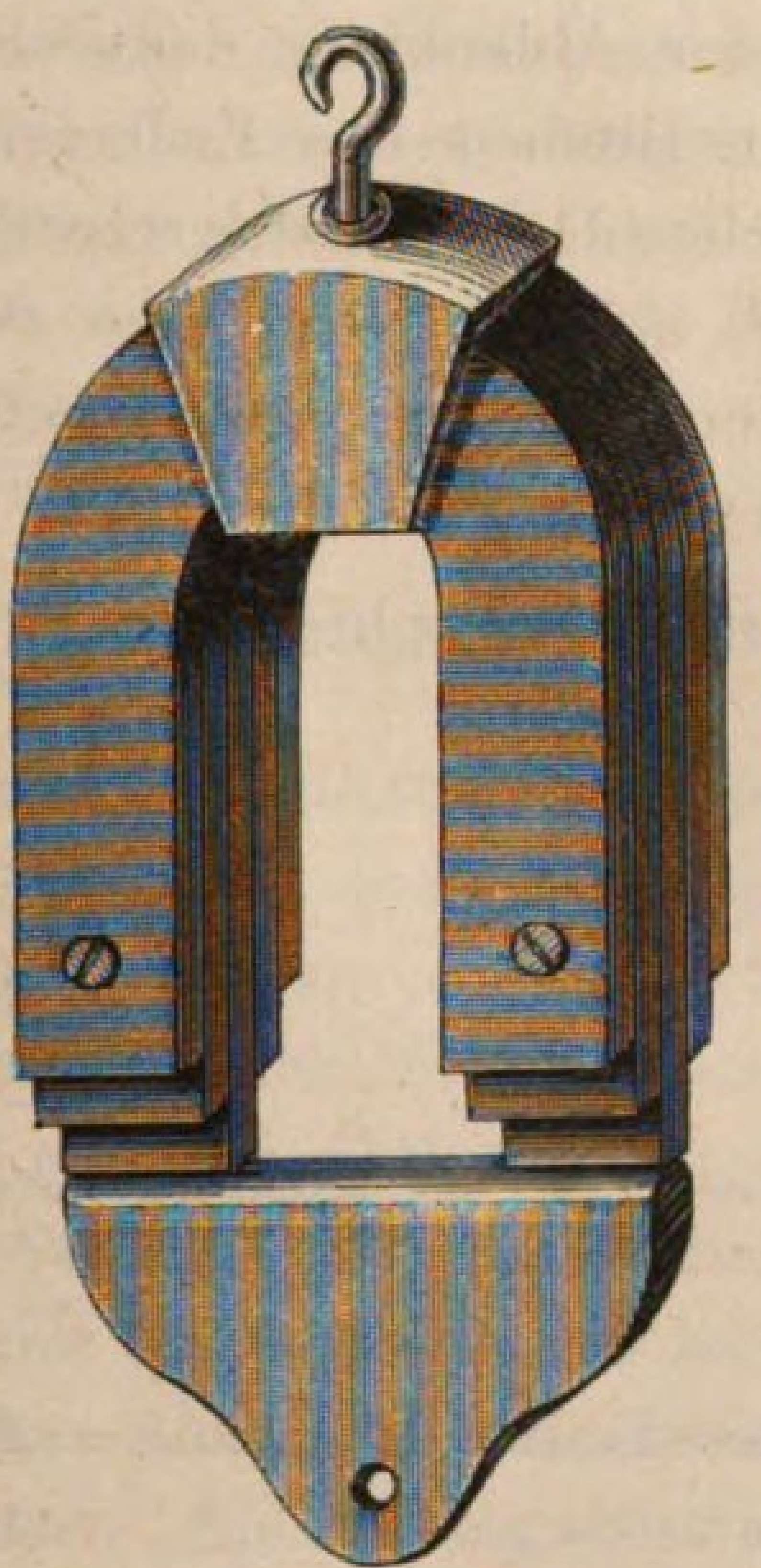
Ein in Hufeisenform gebogener Magnet wirkt auf einen Anker viel kräftiger als ein gerader Stab, weil bei einem Magneten dieser Art der Anker gleichzeitig an beide Pole gelegt werden kann, und dadurch der Magnetismus desselben durch das Zusammenwirken von beiden Seiten her bedeutend erhöht wird.

Es ist bereits erwähnt, dass es keinen Stahlstab giebt, welcher allen Magnetismus behielte, der ihm durch einen beliebig starken Magneten mitgetheilt werden könnte, weil nicht alle Theile die Richtung beibehalten, oder die Theile ihre Richtung nicht vollständig behalten, wie sie ihnen durch den magnetisirenden Magneten gegeben wurde. Wenn man daher einem Stabe auch immer stärkeren Magnetismus mittheilen kann, durch Anwendung stärkerer Magnete, so verliert er denselben doch gleich nach der Magnetisirung wieder bis zu einem bestimmten Grade. Dieser Grad von Magnetismus, den der Stahlmagnet nach sehr starker Magnetisirung behält, heisst die Sättigung desselben.

Um nun den dem Magneten bleibenden Sättigungsgrad noch zu verstärken, um also den in demselben erregbaren veränderlichen Magnetismus noch zu erhalten, combinirt man mehrere Magnete in ungerader Anzahl, gewöhnlich in der Weise, dass der mittlere derselben der längste

ist, dann zu jeder Seite ein etwas kürzerer folgt, an welche beiden sich wieder zwei noch kürzere anschliessen, und so weiter. Alle diese Magnete werden durch Schrauben fest mit einander verbunden. Eine solche Combination heisst ein **magnetisches Magazin**, welches sowohl in gerader als auch in Hufeisenform hergestellt wird. Die Fig. 46 zeigt

Fig. 46.



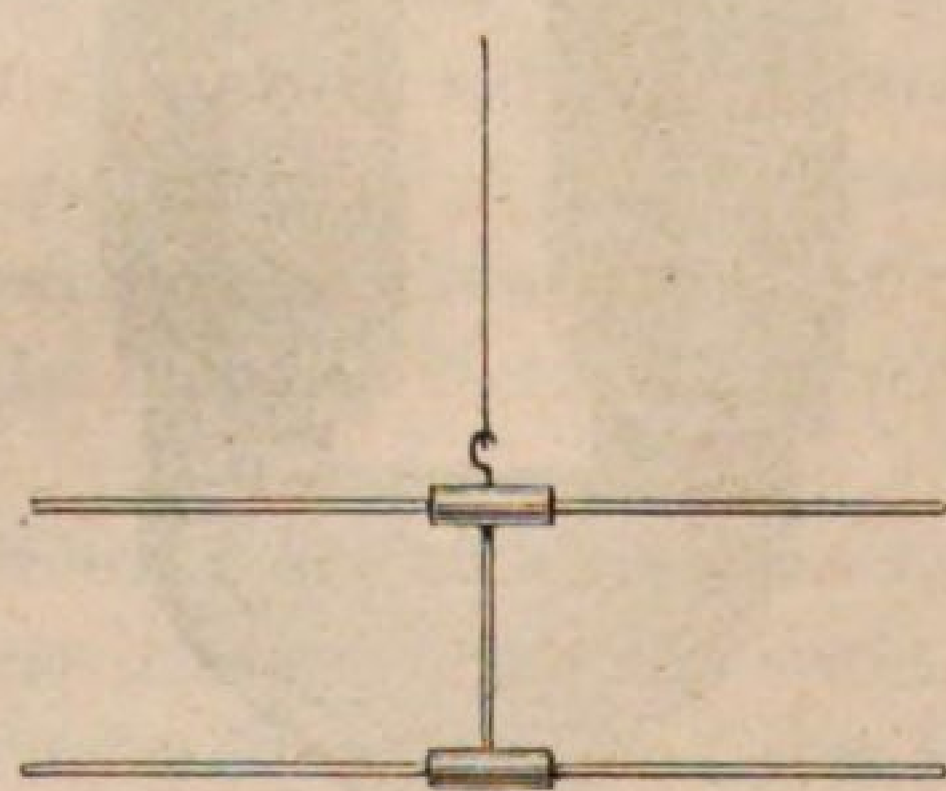
ein magnetisches Magazin in Hufeisenform, welches aus fünf Lamellen besteht, und an das zugleich der Anker angelegt ist. —

7. Astatische Nadeln. Wie wir bereits erwähnt, ist die Ruhelage einer frei-aufgehängten Magnetnadel die Richtung des magnetischen Meridians, in welche die Nadel durch die Einwirkung des Magnetismus der Erde geführt wird. Die Ablenkung der Nadel durch irgend eine andere Kraft ist also das Resultat der beiden Kräfte, nämlich dieser neuen Kraft und des Erdmagnetismus, welche in verschiedenen Richtungen auf die Nadel wirken. Da nun der richtende Erdmagnetismus die Nadel hindert, der zu beobachtenden Kraft unbedingt zu folgen, so kommen Verhältnisse vor, unter denen die richtende Kraft überhaupt nicht stark genug ist, um eine merkbare Ablenkung der Nadel aus der Ruhelage zu erzeugen. Ist die ablenkende Kraft ebenfalls Magnetismus,

so lässt sich diese geringe Ablenkung durch eine Aenderung der Nadel nicht vergrössern, und man hat für feinere Beobachtungsmittel zu sorgen, um auch kleine Ablenkungen wahrzunehmen, was mittelst Spiegel und Fernrohr in genügend hohem Maasse zu Wege gebracht werden kann.

Wie wir bald umständlicher sehen werden, lenkt auch der galvanische Strom die Magnetnadel aus ihrer Ruhelage ab, und für diesen Fall kann der Grad der Ablenkung dadurch bedeutend vergrössert werden, dass man den Einfluss des Erdmagnetismus durch die Anwendung einer astatischen Doppelnadel schwächt. Diese von Nobili gemachte Einrichtung[1]) besteht darin, dass zwei Nadeln in entgegengesetzter Richtung unter einander parallel befestigt, und so an einem Coconfaden aufgehängt werden, wie die Fig. 47 zeigt. Wäre es möglich,

Fig. 47.



den Magnetismus beider Nadeln absolut gleich und die Nadeln absolut parallel zu machen, so würde auf ein solches System der Edmagnetismus gar keinen Einfluss üben, dasselbe wäre vollkommen astatisch und würde in jeder ihm ertheilten Stellung ungeändert verbleiben. In solchem Falle wäre aber dasselbe zu Messungen durchaus ungeeignet, denn eine Ablenkung ist nur dann zu beobachten, wenn das Nadelpaar nach Aufhebung der wirkenden Kraft wieder in eine bestimmte Ruhelage zurückkehrt, aus der es durch die zu messende Kraft abgelenkt werden kann. Der Zweck des Astatischmachens einer Nadel ist also nur der, sie gegen die magnetische Kraft der Erde in hohem Grade, aber nicht vollkommen unempfindlich zu machen.

Um diesen Grad der Empfindlichkeit eines astatischen Nadelpaares nach Belieben zu regeln, bedient man sich noch eines sogenannten Berichtigungsstabes. Denkt man nämlich unter dem genannten Nadelpaare

[1]) Pogg. Ann. 8, pag. 338.

einen Magnetstab in der Richtung des magnetischen Meridians angebracht, so dass ein Pol des Stabes senkrecht unter den beiden entgegengesetzten Polen des astatischen Paares sich befindet, während der andere Pol des Berichtigungsstabes weiter nach aussen liegt, so muss dieser Stab in höherem Grade auf die ihm nähere Nadel, d. h. auf die untere wirken, aber man wird diesen überwiegenden Einfluss um so mehr ausgleichen, je weiter man den Stab entfernt. Man kann also auf diese Weise das Nadelpaar mehr oder weniger empfindlich gegen den Erdmagnetismus, d. h. mehr oder weniger astatisch machen, je nachdem man den Berichtigungsstab entfernt oder nähert.

§ 2.
Der Elektromagnetismus.

1. **Die Nadelablenkung durch den galvanischen Strom.** Ausser dem hier besprochenen Erregungsmittel des Magnetismus, nämlich dem Magneten selbst, hat man in neuerer Zeit noch ein anderes kennen gelernt, welches nicht nur die Kenntniss dieser Naturkraft in hohem Grade erweitert, sondern auch den Magnetismus als eine der wichtigsten Kräfte für Wirkungen in die Ferne kennen gelehrt hat. Dieses Mittel der Erregung des Magnetismus ist der elektrische Strom, und man bezeichnet daher alle in dieses Gebiet einschlagenden Erscheinungen mit dem Namen „Elektromagnetismus."

Der Anfang zu den Entdeckungen auf diesem Felde wurde im Jahre 1820 von Oersted gemacht, welcher beobachtete, dass ein von einem galvanischen Strome durchflossener Leitungsdraht das Bestreben zeigt, eine frei schwebende Magnetnadel senkrecht auf die Ebene zu stellen, welche durch die Stromesrichtung und den Mittelpunkt der Nadel geht[1]).

Die Lage, welche die Nadel zu dem Drahte einnimmt, ist einerseits von der Richtung des den Leiter durchfliessenden Stromes, andererseits von der Stellung der Nadel zu dem Leiter abhängig. Ampère hat in folgender Weise die Regel angegeben, welche in allen Fällen die Stellung der Nadel zu dem Leiter feststellt:

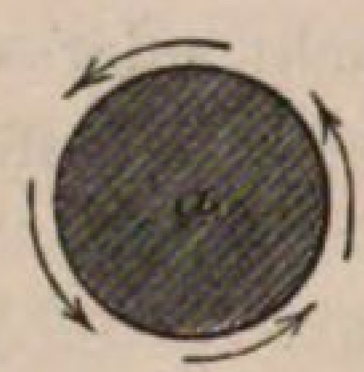
Denkt man sich eine menschliche Figur in der Richtung des den Leiter durchfliessenden positiven Stromes schwimmend, so hat diese Figur, wenn ihr Gesicht der

[1]) Gilb. Ann. 66, pag. 295.

Nadel zugekehrt ist, den Nordpol derselben zu ihrer Linken."

Stellt also der Kreis *a*, Fig 48, den Querschnitt eines Leiters dar, so sind die um ihn gezeichneten Pfeile die Stellungen der Nadel, wenn der positive Strom von der Fläche des Papiers aus sich nach vorn bewegt und die Spitzen der Pfeile den Nordpol der Nadeln bezeichnen.

Fig. 48.



2. Wirkung eines geradlinigen Stromes. Ueber die Frage, in welchem Verhältniss ein geradliniger Strom bei verschiedenen Entfernungen von der Nadel auf dieselbe wirke, stellten Biot und Savart zuerst Versuche an[1]). Sie fanden:

„Die Gesammtwirkung eines unendlichen, geraden Verbindungsdrahtes auf irgend ein magnetisches Element verhält sich umgekehrt wie der geradlinige Abstand desselben vom Drahte."

Die bei diesen Versuchen zur Anwendung kommenden Leitungsdrähte sind natürlich von endlicher Länge und es müssen sich daher bei Anwendung verschiedener Längen kleine Abweichungen von dieser Proportionalität herausstellen, wenn das Gesetz genaue Gültigkeit für einen unendlich langen geraden Draht hat. Eine mathematische Betrachtung zeigt aber, dass in der That die Wirkung der Entfernung genau umgekehrt proportional sein muss, wenn der Strom nach einer oder nach beiden Seiten hin von dem Fusspunkte des von dem magnetischen Element auf die Stromesrichtung gefällten Perpendikels aus unendlich lang ist[2]).

3. Wirkung eines Kreisstromes. Denkt man sich eine Nadel in der Axe eines Kreisstromes befindlich, so muss nach der Oersted'schen Entdeckung und dem von Ampère in Bezug darauf aufgestellten Gesetze jedes einzelne Stromelement in diesem Kreisstrome in gleicher Weise auf die Nadel wirken. Da dies bei einem geradlinigen Strome nicht der Fall ist, so leuchtet ein, dass die Wirkung eines Kreisstromes

[1]) Experimentalphysik von Biot, übers. v. Fechner 1829 IV. pag. 158; Dub, Elektromagnetismus pag. 6. [2]) Dub, Elektromagnetismus pag. 8.

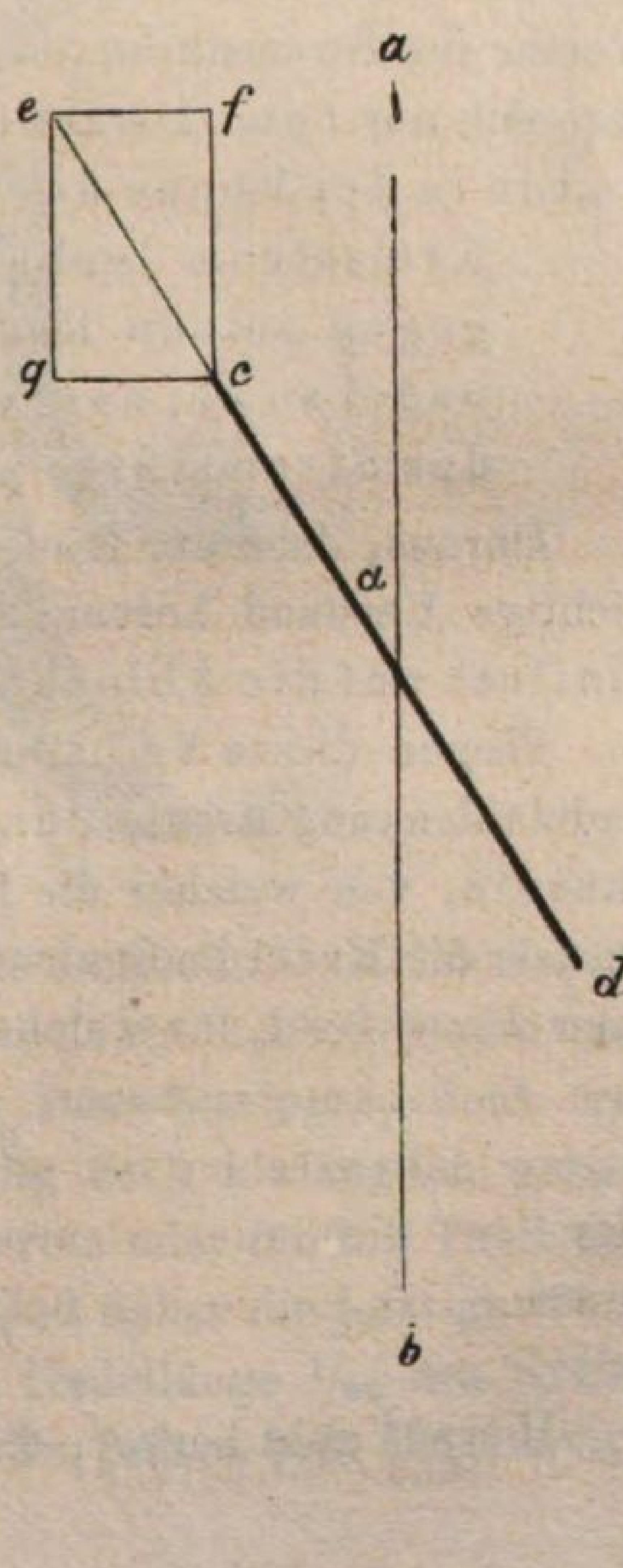
einem anderen Gesetze folgen muss, als die eines geradlinigen Stromes. Eine von Weber[1]) in Bezug hierauf gegebene mathematische Entwickelung führt zu dem Resultate, dass, wenn die Entfernung vom Mittelpunkt des Stromkreises x, dessen Durchmesser y, die Intensität des Stromes g und die magnetische Intensität des Elementes, welches abgelenkt wird, μ heisst, die Kraft, mit der die Ablenkung J stattfindet, sich durch folgenden Ausdruck geben lässt:

$$J = \frac{2\pi\, g\, \mu\, y^2}{(x^2 + y^2)^{2/3}}.$$

d. h. „Ein magnetisches Element, welches sich in der Axe eines Kreisstromes befindet, wird mit einer Kraft von dem Mittelpunkte des Kreisstromes angezogen oder abgestossen, welche dem Flächeninhalt des Kreises gerade, dagegen der dritten Potenz des Abstandes des Elementes vom Kreisumfange umgekehrt proportional ist.

4. Tangentenbussole. Auf die so eben gegebene Betrachtung der Wirkung eines Kreisstromes, gründete Pouillet ein Messinstrument für die Stärke des galvanischen Stromes.

Fig. 49.



Befindet sich nämlich der Kreisstrom in dem magnetischen Meridian, dessen Richtung in der Fig. 49 durch die Linie ab dargestellt werden mag, so wirken auf ein nordmagnetisches Element in c von der Intensität μ zwei auf einander senkrecht stehende Kräfte, indem nämlich der Erdmagnetismus T dasselbe in die Richtung cf des Meridians, dagegen der Kreisstrom es es senkrecht auf diesen zu stellen strebt. Die Mittelkraft aus beiden ist die Diagonale ce des aus diesen Kräften gebildeten Parallelogramms, welche mit dem Meridian den Winkel α macht, dessen Tangente $= \frac{ef}{fc}$ ist. Eine gleiche Resultante in entgegengesetzer Richtung wirkt

[1]) Pogg. Ann. 55, pag. 29.

auf ein gleiches südmagnetisches Molekül in *d*. Beide Kräfte heben sich auf, wenn die Nadel ebenfalls mit dem Meridian den Winkel α macht. Im Falle des Gleichgewichts macht also die Nadel mit dem Meridian einen solchen Winkel α, dass

$$tg\,\alpha = \frac{ef}{fc}.$$

Nach dem früheren ist aber

$$ef = \mu g \frac{2\pi y^2}{(x^2 + y^2)^{3/2}},$$

wogegen $fc = \mu T$, so dass

$$tg\,\alpha = \frac{\mu g \dfrac{2\pi y^2}{(x^2 + y^2)^{3/2}}}{\mu T},$$

wo g die Stromstärke bedeutet. Wir erhalten also

$$g = \frac{T(x^2 + y^2)^{3/2}}{2\pi y^2}\, tg\,\alpha.$$

Da nun für ein und dasselbe Messinstrument die Lage der Nadel und die Grösse des Stromkreises gleich bleiben, da ferner an demselben Ort auch keine Aenderung des Erdmagnetismus eintritt, so sind für alle Werthe der Stromstärke die Grössen x, y und T stets dieselben, es ändert sich nur $tg\,\alpha$. Daraus folgt denn:

„Ein in der Ebene des magnetischen Meridians fliessender Kreisstrom lenkt eine in seiner Axe befindliche und gegen seinen Radius verschwindend kleine Magnetnadel so ab, dass die Tangente des Ablenkungswinkels der Stromstärke proportional ist."

Daraus, dass der Factor μ in der Gleichung wegfällt, geht der so wichtige Umstand hervor: „Die Intensität der Nadel ist ohne Einfluss auf die Ablenkung."

Wegen dieses Verhältnisses des Stromes zu den Tangenten der Nadelablenkung nannte Pouillet sein Messinstrument die Tangentenbussole, von welcher die Fig. 50 ein Bild giebt. Es zeigt bei dieser Bussole die Nadel im Centrum des Ringes, so dass für sie in der obigen Formel $x = 0$ ist, für welchen Fall sich diese Formel so darstellt:

$$g = \frac{Ty}{2\pi}\, tg\,\alpha,$$

oder

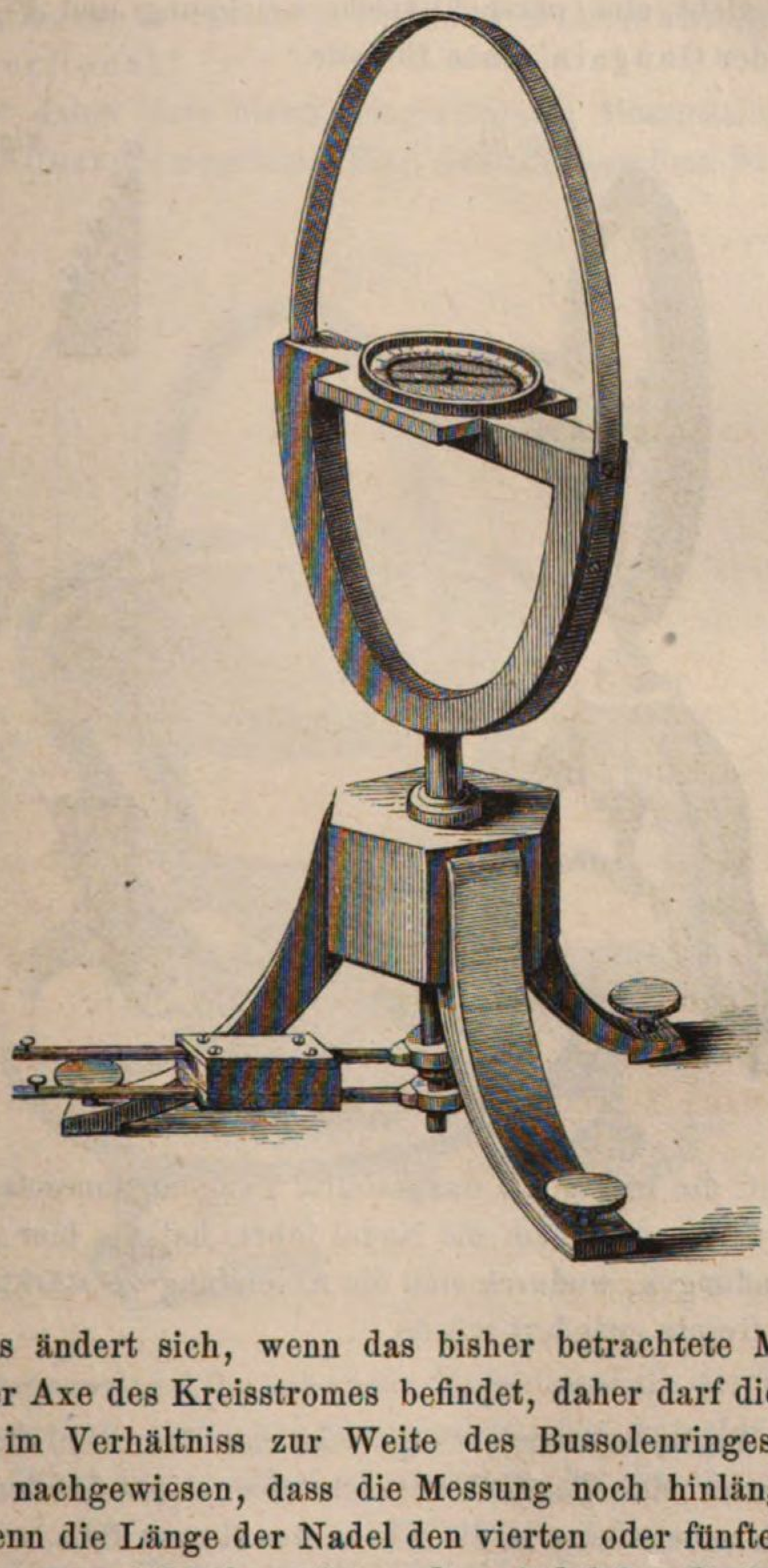
$$tg\,\alpha = \frac{g\,2\pi}{Ty}.$$

Hieraus geht hervor, dass in diesem Falle bei gleicher Strom-

stärke die Tangente des Ablenkungswinkels der Weite des Bussolenringes umgekehrt proportional ist.

Das Verhältniss der Grösse des Ablenkungswinkels zu der Stärke

Fig. 50.



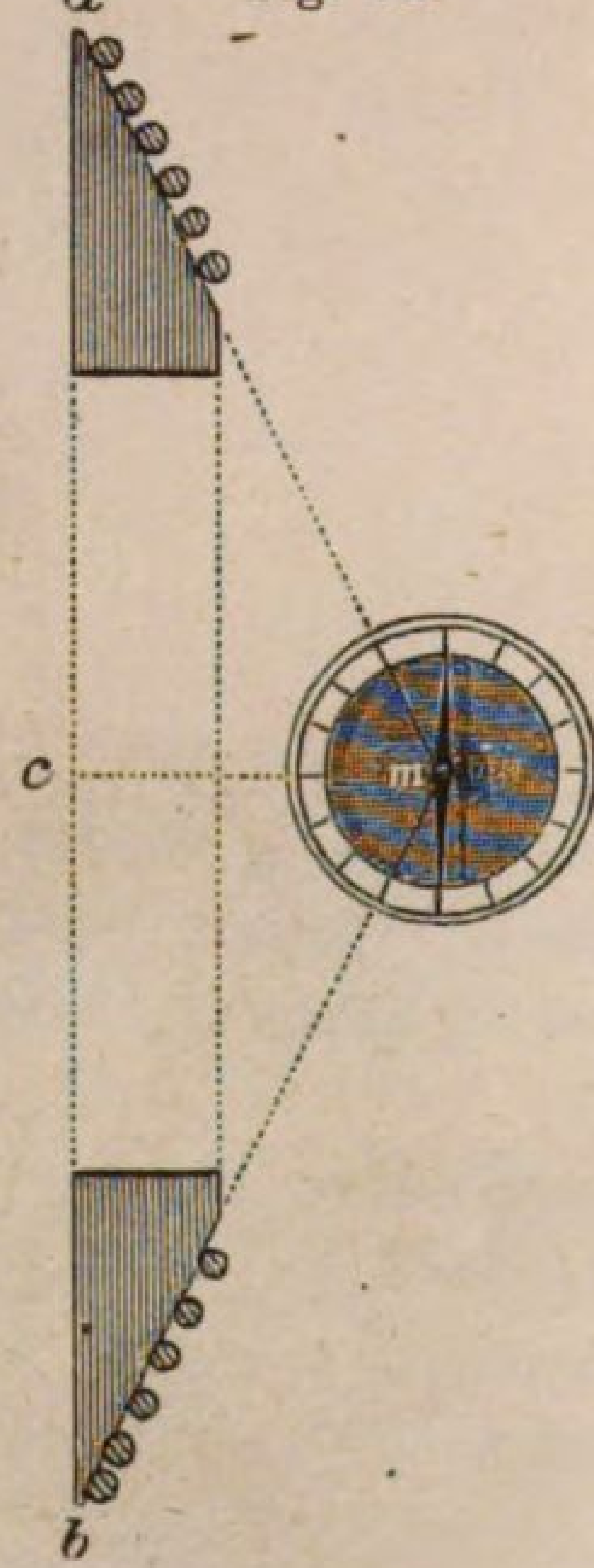
des Stromes ändert sich, wenn das bisher betrachtete Molekül sich nicht in der Axe des Kreisstromes befindet, daher darf die Nadel nur klein sein im Verhältniss zur Weite des Bussolenringes, doch hat W. Weber nachgewiesen, dass die Messung noch hinlänglich genau ausfällt, wenn die Länge der Nadel den vierten oder fünften Theil des Ringdurchmessers nicht übersteigt, und es sind daher die jetzt gewöhnlich angefertigten Bussolen, bei denen die Nadellänge $^1/_{12}$ des Kreisdurchmessers beträgt, gewiss sehr genau. Um jedoch jede Ungenauig-

keit zu vermeiden, hat Gaugain eine Tangentenbussole construirt, bei welcher der Mittelpunkt der Nadel um den halben Radius des Ringes vom Mittelpunkt desselben entfernt ist, und Bravais hat mathematisch bewiesen, dass in diesem Falle der entstehende Fehler ein Minimum ist. Die Fig. 51 giebt eine perspektivische Zeichnung und Fig. 52 einen Querschnitt der Gaugain'schen Bussole.

Fig. 51.



Fig. 52.



Während die in Fig. 50 dargestellte Tangentenbussole den Strom nur in einer Windung um die Nadel führt, hat die hier abgebildete mehrere Windungen, wodurch sich die Ablenkung verstärkt, ohne dass deshalb das Gesetz geändert würde.

5. Die Sinusbussole. Folgt man mit dem vom Strom durchflossenen Kreise der Tangentenbussole der abweichenden Nadel so lange, bis dieselbe wieder in die Ebene des Ringes fällt, so wirkt nun der Strom mit seiner ganzen Kraft auf die Nadel, und die Gleichung, aus welcher die Ablenkung α bestimmt wurde:

$$J \cos \alpha = T \sin \alpha$$

verwandelt sich jetzt in

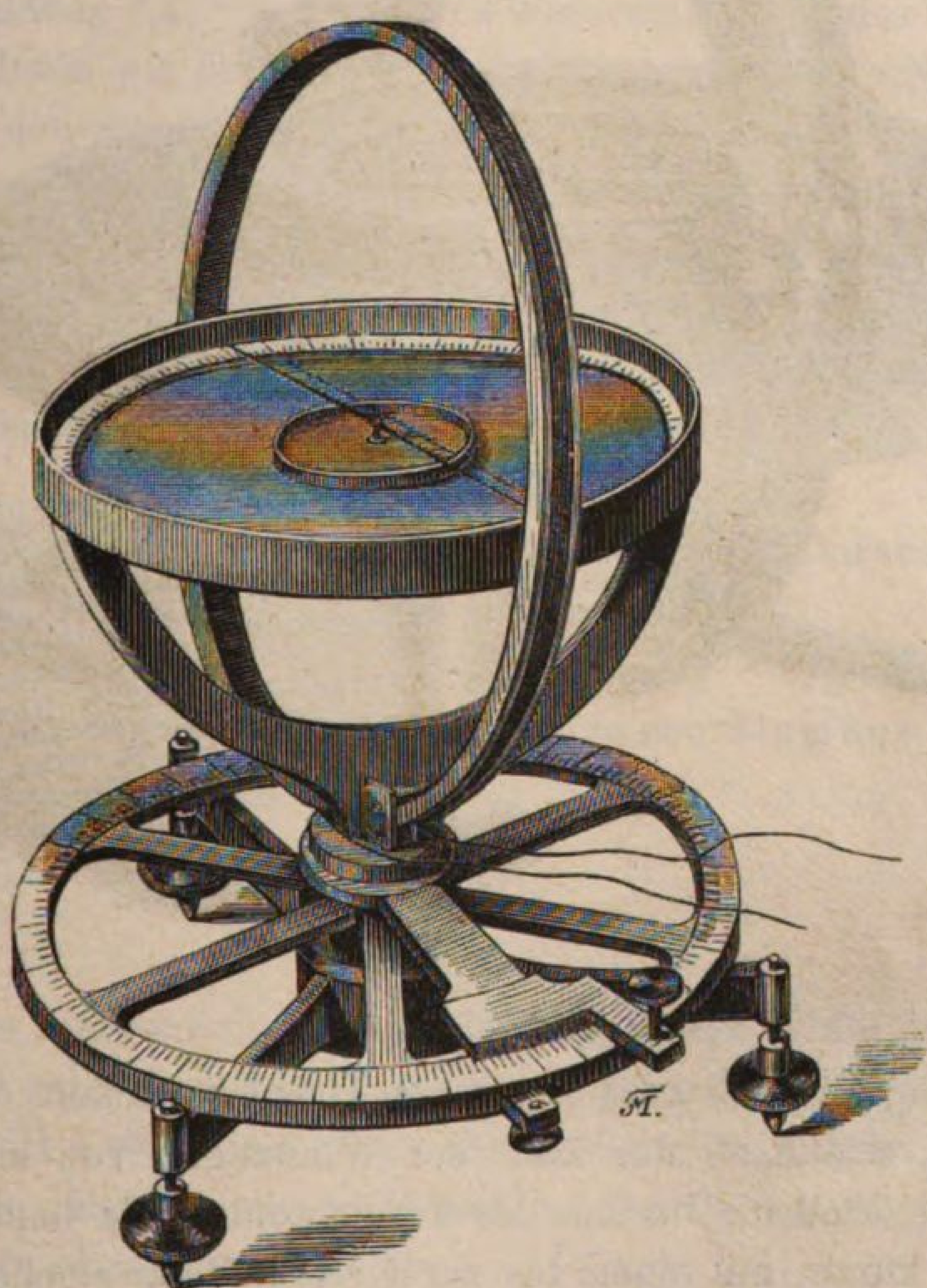
$$J = T \sin \alpha$$

wo J die Stromstärke und T die Erdkraft bedeutet. Hieraus folgt für diesen Fall:

„Die Stromstärke ist dem Sinus des Ablenkungswinkels proportional."

Man hat daher dem hierzu eingerichteten Messinstrumente den Namen Sinusbussole gegeben. Eine Ansicht desselben ist in Fig. 53 dargestellt.

Fig. 53.



Die Sinusbussole ist für schwache Ströme deshalb der Tangentenbussole vorzuziehen, weil, wie man einsieht, die Ausschläge bei ihr grösser, und daher besser ablesbar werden als bei dieser.

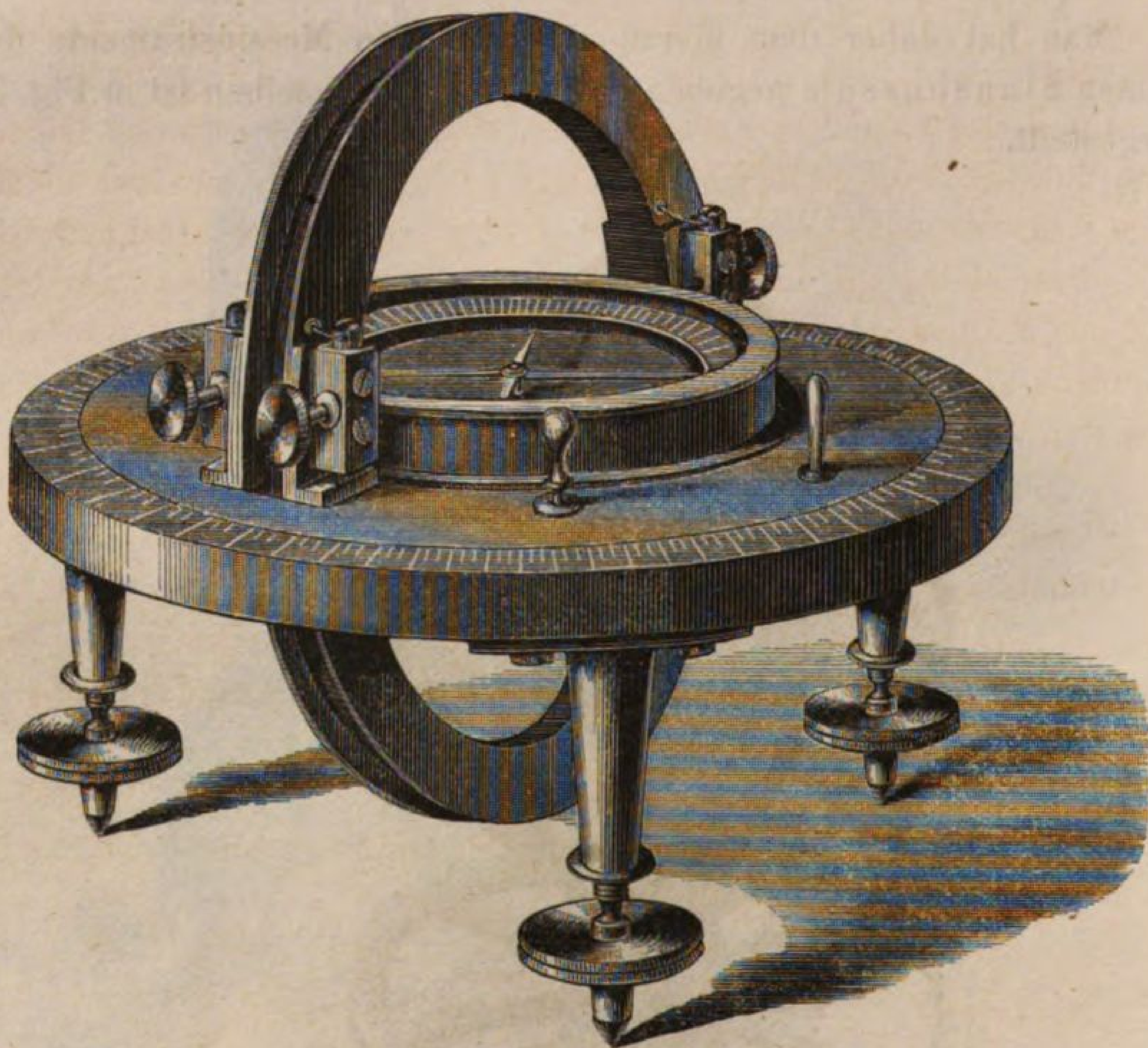
6. Die Sinus-Tangentenbussole[1]. In neuester Zeit ist von

[1]) Brix. Journ. VII. pag. 107.

Siemens und Halske eine Bussole construirt, welche sowohl als Tangenten- als auch als Sinusbussole benutzt werden kann.

Die Fig. 54 giebt eine perspektivische Ansicht dieses Instruments, dessen einzelne Theile aus dem Früheren klar sind. Der Ring, welcher

Fig. 54.



den Draht trägt, ist mit zwei Arten von Draht bewickelt, welche nach ihrer Stärke, wie nach der Zahl der Windungen von einander verschieden sind. Soll die Bussole als Tangentenbussole benutzt werden, so wird eine kurze, mit einem bis zur Kreistheilung reichenden Zeiger aus Aluminium versehene Nadel angewandt, während, wenn sie als Sinusbussole dient, diese kurze Nadel durch eine lange ersetzt wird. Dient die Bussole als Tangentenbussole, so leitet man den Strom durch den stärkern Draht, der $1{,}339^{mm}$ Durchmesser hat und aus 16 Windungen besteht; soll sie dagegen zur Messung schwächerer Ströme als Sinusbussole dienen, so wird der Strom durch den dünneren Draht geleitet, welcher 1050 Windungen hat und nur $0{,}25^{mm}$ stark ist. Die dicken Windungen haben einen Gesammtwiderstand von 0,1 der von Siemens

angegebenen Maasseinheit[1]), während die dünnen Windungen etwa 150 solcher Einheiten haben.

Sind die Ströme so stark, dass die Winkelablesung unmöglich ist, so lässt man nur einen Theil des Stromes durch das Instrument gehen, und bewirkt dies dadurch, dass man zwischen die entsprechenden Klemmen des Instruments noch einen zweiten Widerstand einschaltet, der zu dem Widerstande des Instruments in einem bekannten Verhältniss steht.

Um dieses Experiment zu erleichtern, fügen Siemens und Halke ihren Bussolen eine Rolle bei, auf welche drei Drähte gewickelt sind, deren Widerstände $^1/_9$, $^1/_4$ und $^1/_1$ des Widerstandes W des Instrumentes sind. Bezeichnen wir den Strom durch die Bussole ohne Nebenschliessung mit S, den Strom durch die Nebenschliessung allein mit S'' und den durch das Instrument während der Nebenschliessung mit S', so ist, wenn der Widerstand des unverzweigten Leitertheils gross ist, nahezu

$$S = S' + S''.$$

Ferner verhält sich, da der Strom dem Widerstande umgekehrt proportional ist, wie wir gesehen haben:

$$S' : S'' = w : W,$$

wenn w den Widerstand des Zweigdrahtes bedeutet. Daraus ergiebt sich

$$S = \frac{W + w}{w} S'$$

woraus denn für die drei Widerstandsdrähte von Siemens $^1/_9\, W$, $^1/_4\, W$ und W aus der Reihe nach folgt:

$$S = 10 S'$$
$$S = 5 S'$$
$$S = 2 S'$$

Um dann schliesslich bei Einschaltung dieser Widerstände, wobei man die Stärke der durch das Instrument gehenden Ströme auf $^1/_{10}$, $^1/_5$ und $^1/_2$ reducirt hatte, den vollen Werth der Stromstärke zu erhalten, muss man die trignometrische Winkelfunction (tang. oder sinus) noch resp. mit 10, 5 oder 2 multipliciren.

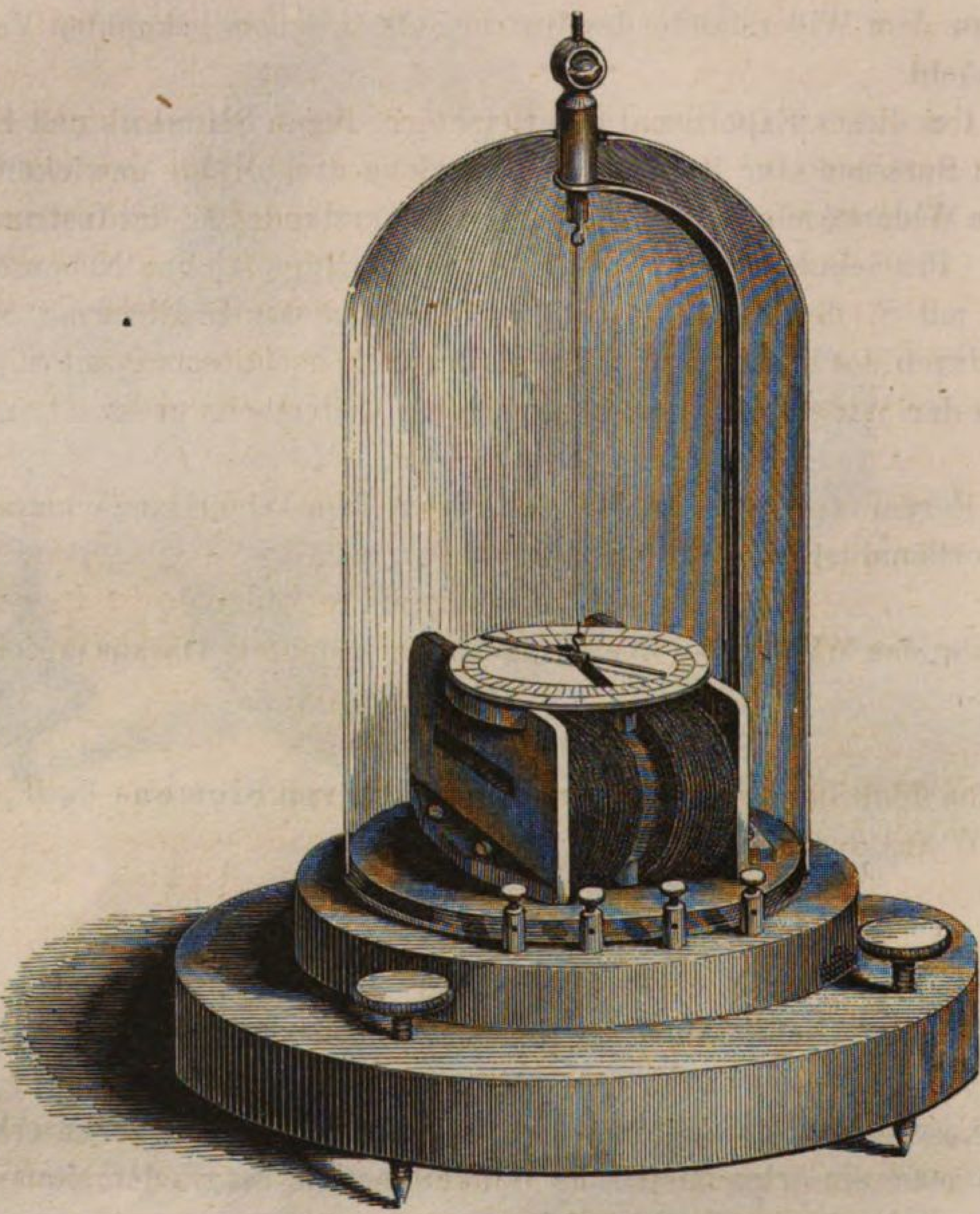
7. Der Multiplicator oder das Galvanometer. Lange vor der Kenntniss der bereits besprochenen Messinstrumente bediente man sich der von Schweigger und Poggendorff erfundenen Multiplicatoren, von denen Fig. 55 eine Zeichnung giebt.

Bei diesen Instrumenten ist der Draht dicht um die Nadel gewickelt

[1]) Siehe Abschnitt I. § 4, No. 8.

und nimmt eine im Verhältniss zur Nadellänge bedeutende Breite ein. Nach dem bereits über die Wirkung eines Kreisstromes auf die Nadel Gesagten, ist es klar, dass bei dieser Einrichtung nicht ein so einfaches Gesetz, wie bei den beiden anderen Instrumenten zur Anwendung kommen

Fig. 55.



kann. Wir haben besonders Poggendorff und du Bois eine genauere Kenntniss der besondern bei dem Multiplicator waltenden Umstände zu danken [1]). Um diesen Apparat sehr empfindlich zu machen, wandte Nobili die bereits vorn beschriebene Doppelnadel an. Diese Nadel, welche einerseits so empfindlich ist, weil bei ihr der Erdmagnetismus fast wirkungslos ist, wird anderseits dem Einflusse der vom Strome

[1]) Dub, Elektromagnetismus pag. 27 u. f.

durchflossenen Windungen dadurch noch mehr ausgesetzt, dass die eine der Nadeln innerhalb, die andere ausserhalb der Windungen sich befindet. Die Windungen drehen, wie wir wissen, ausserhalb in entgegengesetzter Richtung wie innerhalb, und da die beiden Nadeln entgegengesetzte Stellung haben, so werden beide Nadeln in demselben Sinne gedreht, und die Wirkung wird also auch aus diesem Grunde verstärkt.

In meinem Werke über Elektromagnetismus bin ich bemüht gewesen, die wichtigsten Arbeiten hinsichtlich des Multiplicators zusammenzustellen, auf welche ich verweisen muss, da eine Widerholung derselben über die Grenzen dieser compendiösen Darstellung hinausgeht.

8. Das Universalgalvanometer von Siemens. Nachdem wir die Bestimmung der bei der Wirkung einer galvanischen Säule in Frage kommenden Werthe, sowie die dabei in Anwendung kommenden Messinstrumente kennen gelernt haben, können wir nun zur Beschreibung des neuen Messinstrumentes schreiten, welches Siemens Behufs der Bestimmung dieser Werthe der Stromstärke, des Widerstandes und der elektromotorischen Kraft einer Säule auf möglichst bequeme Weise construirt hat [1]).

Der Hauptunterschied dieses Messapparates von allen bisherigen besteht kurz darin, dass Siemens mit der gewöhnlichen Einrichtung einer Sinusbussole eine Wheatstone'sche Brücke, so wie etwa erforderliche Widerstände verbindet und dadurch den Gebrauch derselben erleichtert und das nothwendige Verfahren vereinfacht.

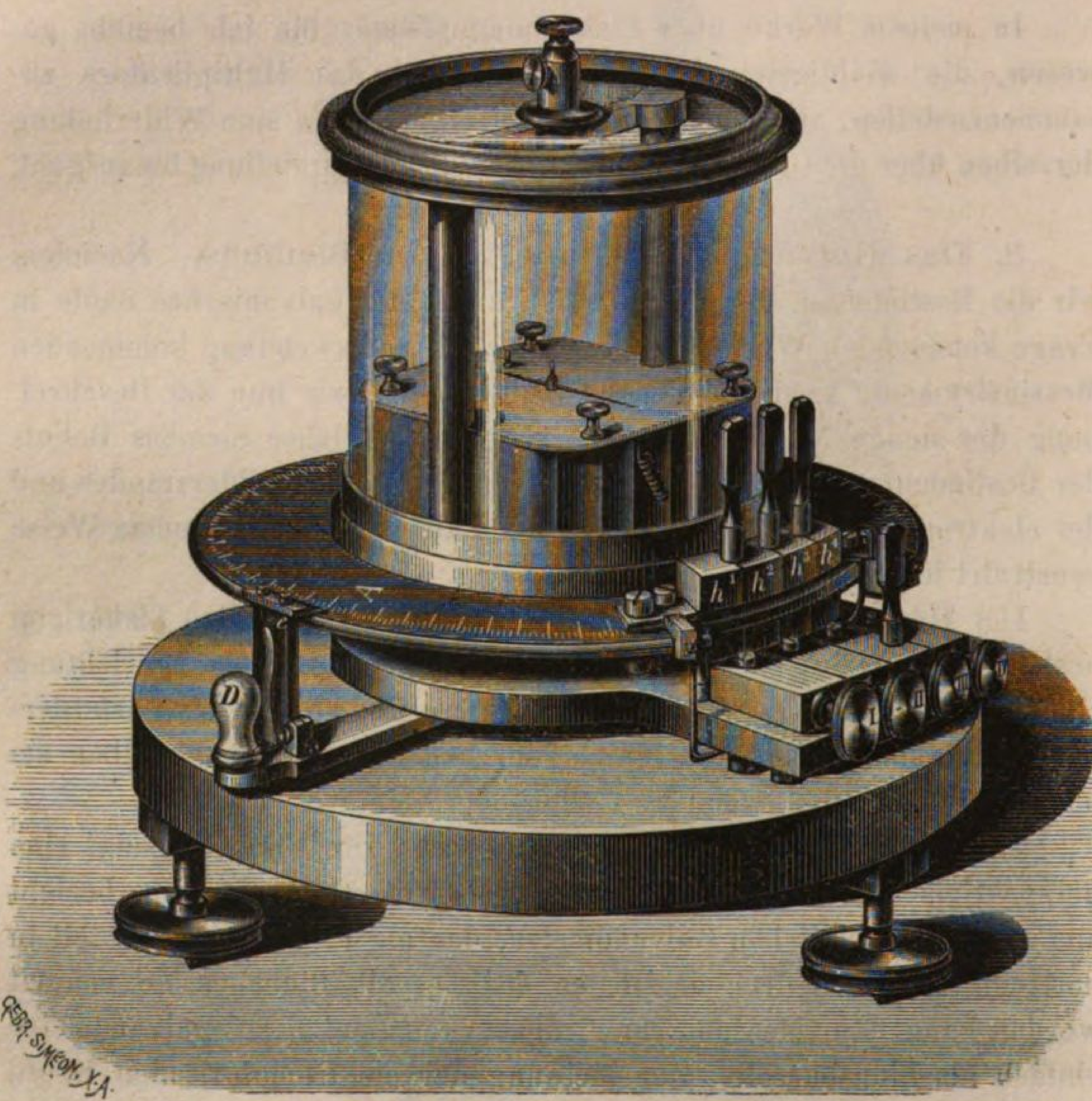
1. Beschreibung des Instruments. Die Figur 56 zeigt eine perspektivische Ansicht des Universal-Galvanometers. Dasselbe besteht aus einem empfindlichen Galvanometer, das auf seinem Untergestell in horizontaler Ebene drehbar ist, so dass es als Sinusbussole benutzt werden kann. Zur Messung von Stromstärken dient dieses Galvanometer einfach als Sinusbussole. Zur Messung der elektromotorischen Kraft, dient der Brückendraht, den wir sogleich näher kennen lernen werden, als Strommesser und zur Messung von Widerständen als Wheatstone'sche Brücke.

Bei Benutzung des Apparates als Brücke hat man Draht ein- oder auszuschalten, so dass die Nadel auf Null zu stehen kommt, dies geschieht mittelst eines Armes von Messing *D*, welcher eine Platinwalze *e* trägt. Diese Walze berührt den sogenannten Brückendraht, einen

[1]) Brix Journ. XV. pag. 1.

Draht aus Platin oder Neusilber, welcher den äusseren Rand der Scheibe bildet, welche aus Schiefer besteht, und auf der hier der Buchstabe *A* zu sehen ist. Diese Scheibe trägt eine Kreistheilung, welche von *O* auf der hier abgekehrten Seite anfangend, auf beiden Seiten herum bis 150° geht. Der übrige Theil der Schieferplatte ist ausgeschnitten und trägt

Fig. 56.



oben vier von einander isolirte Schienen h_1 h_2 h_3 h_4, welche durch drei Stöpsel mit einander verbunden werden können. Diese Stöpsel stecken hier in der Zeichnung in ihren Löchern. Die vier Schienen bilden die Anfangs- und Endpunkte der Widerstandsdrähte, welche um eine Holzplatte gelegt sind, die sich unter der Schieferplatte befindet und nach vorn einen Fortsatz hat, der, wie die Figur zeigt, vier Klemmen trägt, die mit *I*, *II*, *III* und *IV* bezeichnet sind. Zwischen *III* und *IV* befindet sich ein Loch, welches hier in der Zeichnung gestöpselt ist, wo-

durch denn die sonst isolirten beiden Klemmen leitend mit einander verbunden werden.

Die Widerstände, welche sich an den vier Schienen anschliessen, sind so gebildet, dass die Schiene h_1, das Ende eines Leitungsdrahtes ist, welcher eine Siemens'sche Widerstands-Einheit darstellt. Dieser Draht ist mit seinem anderen Ende an der Schiene h_2 befestigt. Von dieser geht ein zweiter Draht von 10 Siemenseinheiten (*S. E.*) nach h_3 und dieser ist wieder durch einen Widerstand von 100 *S. E.* mit h_4 verbunden.

Der Brückendraht endet auf beiden Seiten bei dem Einschnitte in der Schieferplatte, wo 150° steht. Von hier geht das eine Ende in einem starken Kupferdrahte nach der Schiene h_1 und das andere nach der Klemmschraube *III*.

Ferner ist der Arm *D* und mit ihm die Platinrolle *e*, welche den Brückendraht berührt und von den übrigen leitenden Apparattheilen isolirt ist, mittelst seiner Axe mit der Klemme *I* leitend verbunden. Ein Zeiger *Z* mit einer Theilung reicht über die Rolle *e* hinweg bis an die Theilung der Schieferplatte, wie dies in der Zeichnung in der Nähe von *A* zu sehen ist.

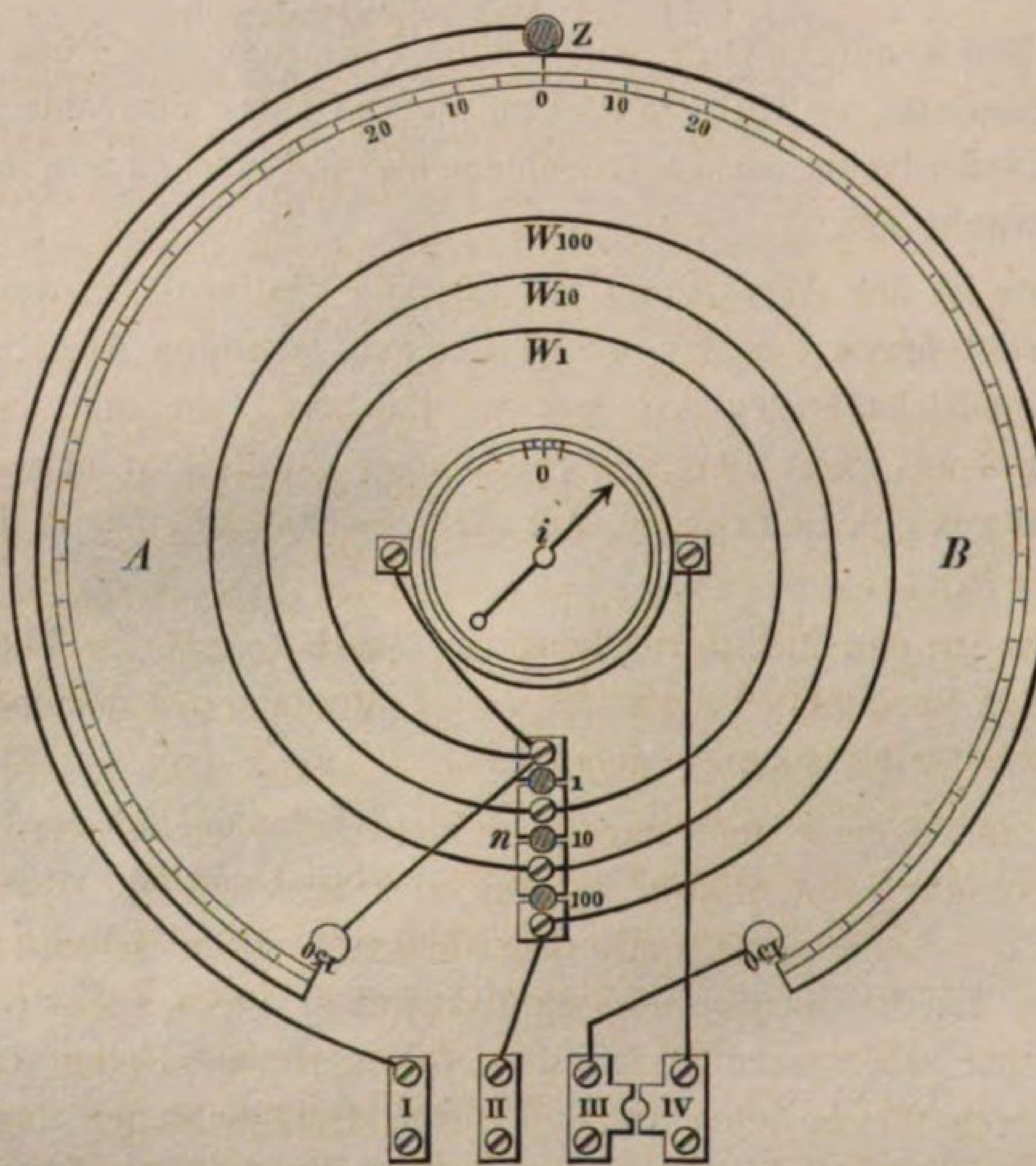
Die Enden des Multiplicatordrahtes stehen so mit den Theilen des Apparates in Verbindung, dass das eine Ende nach der Schiene h_1, das andere nach der Klemme *IV* geleitet ist.

Schliesslich muss noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass ohne Anwendung der Stöpsel bei den vier Schienen h_1, h_2, h_3 und h_4 der Natur der Sache gemäss alle drei Widerstände im Betrage von 111 *S. E.* mit in den Stromkreis eingeschaltet sind. Da nun, wie wir sogleich umständlicher sehen werden, in allen vorkommenden Fällen der Strom unter anderen Wegen auch auf den durch diese Schienen angewiesen ist, so müssen die Schienen mit einander durch Stöpsel verbunden werden, wenn die damit verbundenen Widerstände ausser Thätigkeit treten sollen. Sind also alle drei Stöpsel, wie in der vorliegenden Zeichnung, in Gebrauch, so sind alle drei Widerstände ausgeschaltet, der Strom geht einfach von den ersten Schienen bis zur letzten, und der Widerstand der dicken Messingklötze, welche die Schienen bilden, kann einfach als verschwindend klein angesehen werden, im Vergleich mit dem sonstigen Widerstande. Zu diesem gehört der der Galvanometerwindungen, welcher bei dem vorliegenden Exemplare, wie auf dem Kasten, in dem sich die Windungen befinden, zu lesen ist, 500 Windungen hat, die gleich 10 *S. E.* sind.

2. Leitende Verbindungen, welche an dem Apparate constant sind, welche niemals geändert werden können.

Die Figur 57 stellt diese Verbindungen schematisch dar. Die mit *I*, *II*, *III* und *IV* bezeichneten Oblonge stellen die vier mit Klemmschrauben versehenen Metallklemmen dar. Der starke Kreisstrich ausserhalb der grossen Kreistheilung, welche oben in der Mitte *O* hat und auf beiden Seiten mit 150° endet, stellt den Platindraht dar, welcher

Fig. 57.



am äusseren Rande der Schieferplatte eingelassen ist. *Z* ist das Platinröllchen, welches die leitende Verbindung zwischen dem Platindrahte der Schieferplatte und der Schiene *I* unterhält. Bei 1, 10 und 100 sind die drei Löcher, welche die vier Schienen bilden, mit denen die drei Widerstände von einer, von zehn und von hundert Siemenseinheiten verbunden sind. Die drei Kreise W_1, W_{10} und W_{100} stellen diese Widerstände dar. Der mittlere Kreis enthält die Nadel *i* des Multiplicators, und die beiden Klemmschrauben seitwärts von diesem kleinen Kreise bilden die Enden der Multiplicatorwindungen. Nach Aufzählung der einzelnen schematisch dargestellten Theile des Apparates ist es nun

leicht, die constanten Verbindungen zu verstehen. Von *IV* geht eine Leitung nach dem Ende des Multiplicatordrahtes rechts. Von *III* eine Verbindung nach dem rechten Ende des Platindrahtes, wo 150 steht. *II* ist mit der untersten Schiene verbunden, über der rechts 100 steht. Nach *I* geht die leitende Verbindung mit dem Zeiger und dem Platinröllchen *Z*. Endlich geht eine Leitung von dem Ende des Platindrahtes links, wo wiederum 150⁰ steht, nach der oberen Schiene, unter der sich das mit 1 bezeichnete Loch befindet, und von da geht die Leitung weiter nach dem anderen Ende des Multiplicatordrahtes.

Die Ausschaltungen der an dem Apparat selbst befindlichen Widerstände in Siemenseinheiten geschehen, wie wir wissen, durch abwechselnde Stöpselung der drei Löcher zwischen den vier Schienen *n*. Darauf werden alle anderen Einschaltungen an den vier Klemmen *I*, *II*, *III* und *IV* gemacht und man wird dann leicht die Gesammtleitung für die einzelnen Fälle verstehen, wenn wir diese einzelnen Klemmen bezeichnen, mit denen die einzuschaltenden Leitungen verbunden werden.

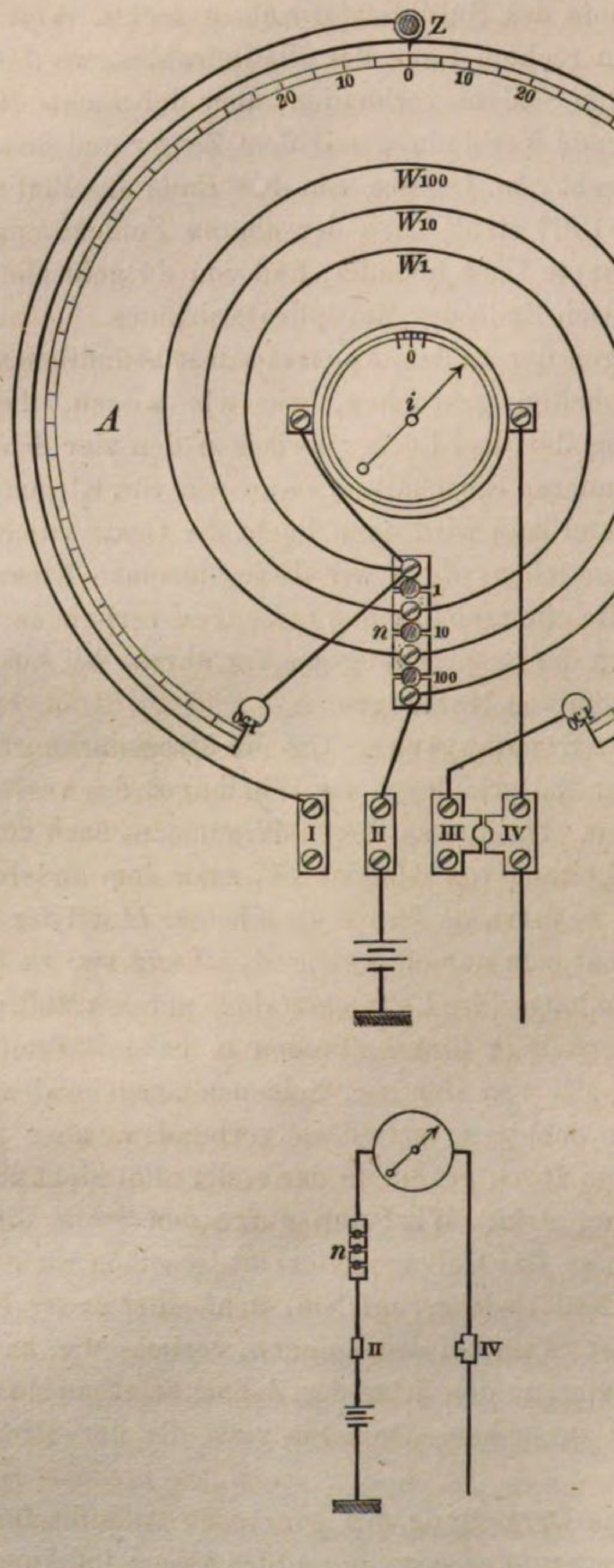
Wir gehen nun zu der Besprechung des Verfahrens bei Ausführung der verschiedenen Arten von Messungen.

3. Messung der Stromstärke. Um die Stromstärke zu messen hat man den Strom der Batterie durch die Windungen des vorhandenen Multiplicators zu leiten. Da nun zu diesen Windungen nach dem einen Ende derselben eine Leitung von Klemme *IV*, nach dem anderen Ende von der Metallschiene h_1 führt, da ferner die Klemme *II* mit der Schiene h_1 verbunden ist; so hat man nur die Löcher 1, 10 und 100 zu stöpseln, um eine direkte Verbindung eines Leitungsdrahtes mit den Multiplicatorwindungen ohne anderweitige Einschaltungen zu haben. Freilich sind in diesem Falle auch alle von den vier Schienen ausgehenden Widerstandsrollen mit den Schienen metallisch verbunden, aber es kann durch sie hindurch kein Strom gehen, da der andere Pol nicht mit ihnen in leitender Verbindung steht. Wird nun durch den Strom die Nadel abgelenkt, so dreht man das Galvanometer in derselben Richtung des Ausschlages, bis die Nadel wieder auf Null steht. Bei dieser Drehung bewegte sich die grosse Skala bei dem Zeiger *Z* vorbei. Man hat mithin nur den Winkel abzulesen, den jetzt der Zeiger zeigt und dann den Werth des Sinus dazu zu suchen. Derselbe giebt die der Stromstärke proportionale Zahl.

Eine schematische Darstellung des ganzen Stromlaufes für diesen Fall giebt mit Hinzunahme der constanten Stromwege im Apparat ein Bild, wie die Figur 58 zeigt.

4. Messung eines Widerstandes. Wir wollen den zu messen-

Fig. 58.



den Widerstand X nennen und diesen Widerstand X zwischen der Klemme II und IV einschalten. Ferner werde zwischen den beiden

Klemmen *I* und *II* die Säule, der *X* als Widerstand entgegengesetzt werden soll, eingeschaltet, und ausserdem das Loch bei 100 gestöpselt. Hiermit ist die ganze Anordnung des Versuchs fertig, es fragt sich nur was man daraus zu machen versteht. Dies wird uns klar werden, wenn wir uns den Stromlauf vergegenwärtigen, welcher bei den gegebenen Verbindungen in diesem Falle stattfindet.

Wir finden zunächst, dass ein Stromlauf vorhanden ist, denn die Nadel *i* wird abgelenkt. Wir wollen annehmen die Ablenkung geschehe nach rechts, also nach der mit *B* bezeichneten Seite, wie es die schematische Figur darstellt. Nach den soeben besprochenen constanten Leitungen des Apparates muss nach Einschaltung der Säule zwischen *I* und *II* ein Strom sowohl durch die Leitung von *I* nach *Z* und weiter durch den Platindraht nach *III* und *IV*, dann durch den Widerstand *X* und über *II* zurück zu Säule gehen. Aber es muss auch ein Strom über *II*, über das gestöpselte Loch 100, dann durch die Widerstände 10 und 1 und von da sowohl nach den Multiplicatorwindungen und Klemme *IV* als nach dem Platindraht und dem Zeiger *Z* gehen, wo er sich wieder theilt und nach rechts und links zu den Klemmen *I* und *III* mit *IV* geht. Dieses Ganze erscheint zunächst als eine endlose Stromverwirrung. Entgegengesetzte Ströme vereinigen sich, müssen einander aufheben etc. Aber dieses Aufheben kann in dem vorliegenden Falle nur theilweise sein, da ja die Nadel abgelenkt wird. Es existirt also in dem Multiplicatordrahte ein Strom, und wir könnten auch bestimmen, ob derselbe positiv oder negativ ist. Wir haben also hier eine Stromverzweigung und diese muss nach dem Kirchhof'schen Gesetz entwirrt werden können.

Sehen wir zunächst zu, wo die Punkte sind, an denen sich der Strom verzweigt. Es sind deren vier. Eine Verzweigung findet nämlich statt:

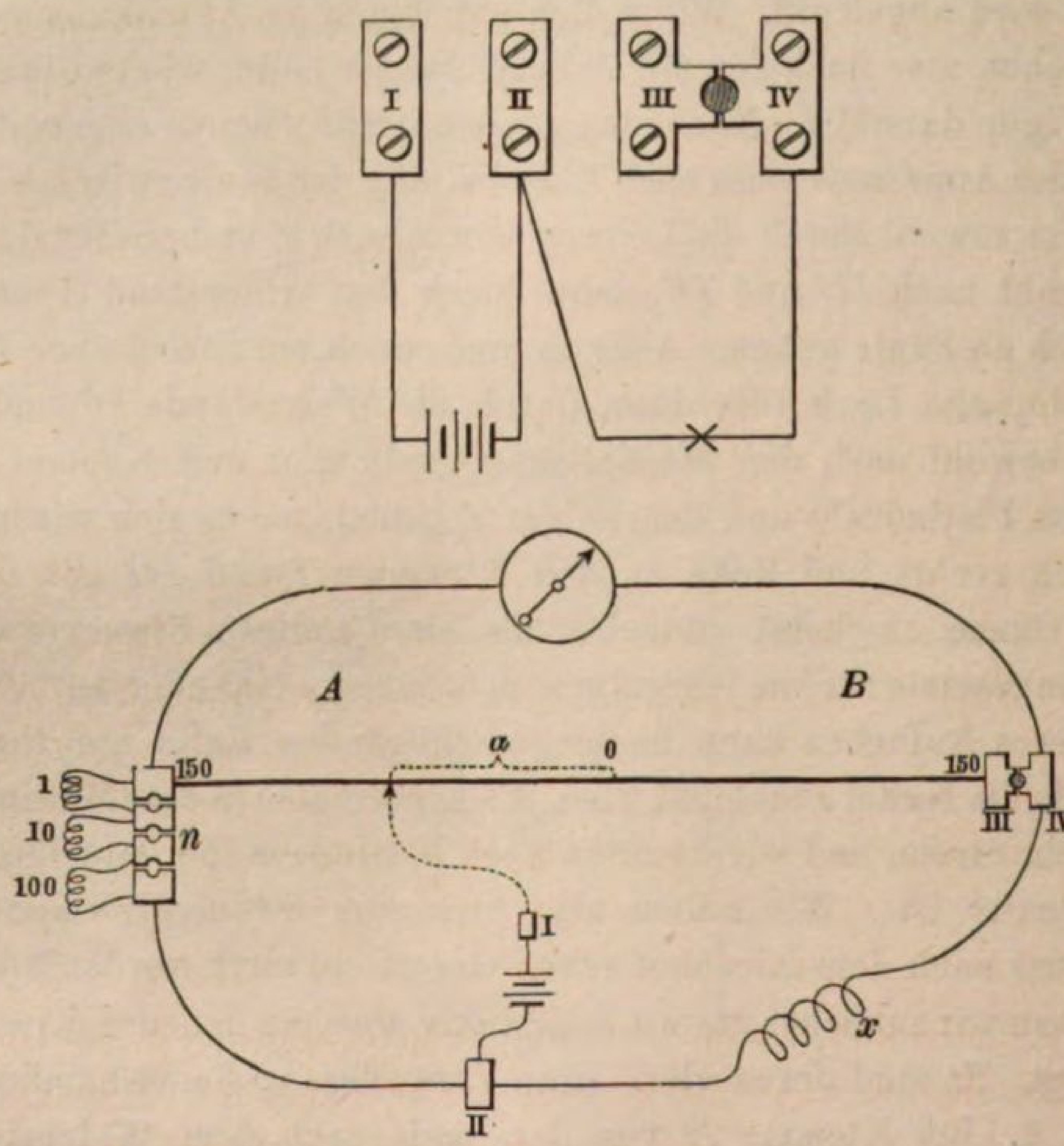
1. Bei Klemme *II* von der Säule nach dem Widerstande *X* und nach den Schienen, wie die Fig. 59 zeigt.
2. Bei Schiene 1 nach dem Platindraht und den Multiplicatorwindungen. Siehe das Schema darunter.
3. Bei *Z*.
4. Bei den Klemmen *III* und *IV*, welche gestöpselt sind.

Die Fig. 59 stellt die Einschaltungen, welche wir an den vier Klemmen angefügt haben schematisch dar, so dass diese Figur wiederum an Fig 57 angefügt gedacht werden muss.

Wären wir nun im Stande, diese Stromverzweigung in einer Weise herzustellen, so dass in dem Zweige in der der Multiplicator sich befindet *O* wäre, so würde dieselbe die Form der Wheatstone'schen Brücke erhalten, wo ebenfalls vier Punkte vorhanden sind, von deren jedem

immer zwei Zweige abgehen, und wo die eigentliche Brücke, in der das Galvanometer sich befindet, keinen Strom hat. Bei der Wheatstone'schen Brücke haben wir dies durch Einschalten von Rheostatenwindungen erreicht. Hier steht uns das verschiebbare Platinröllchen Z zu Gebot, welches ebenfalls Platindraht ein- und ausschaltet.

Fig. 59.



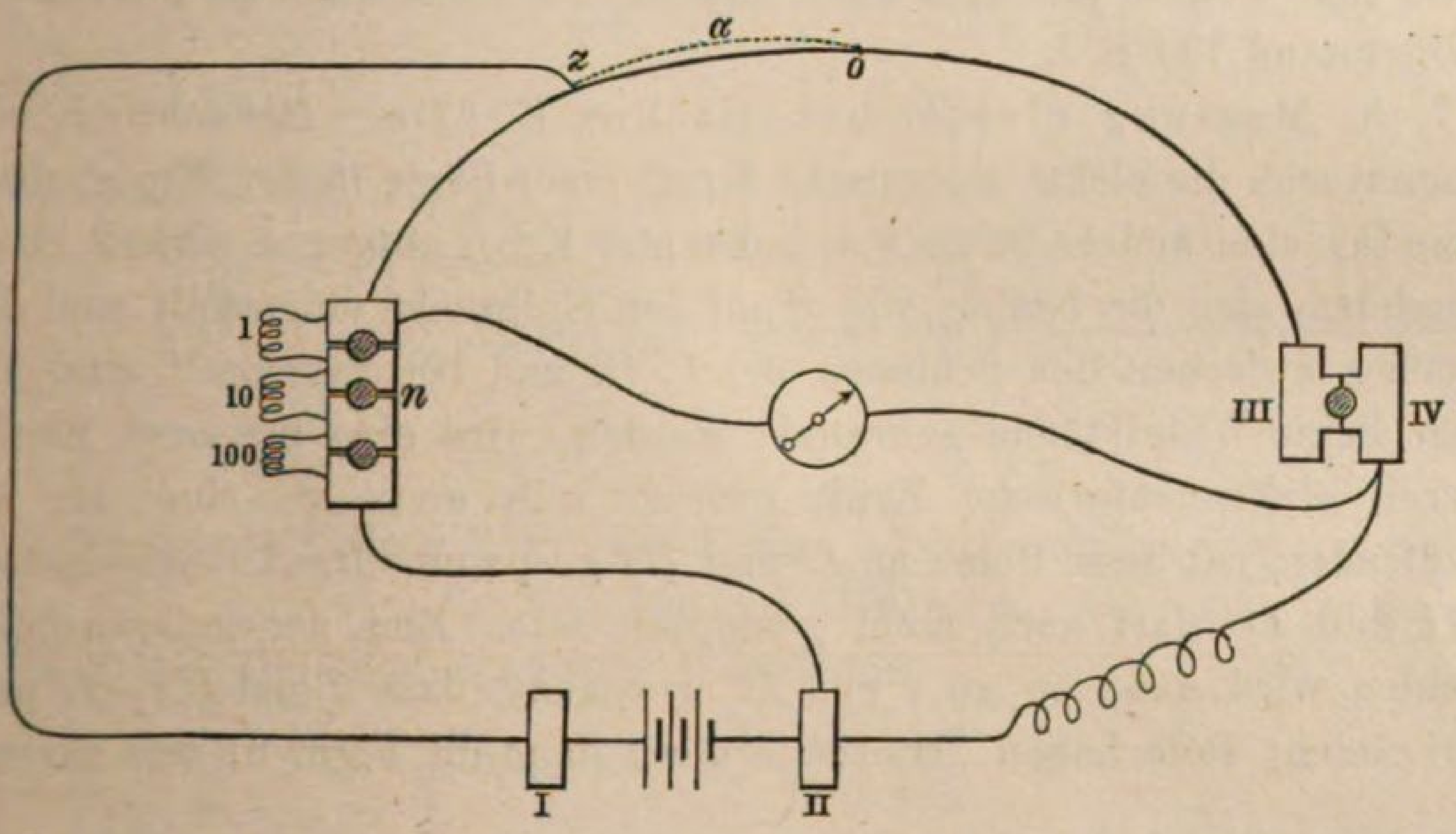
Wir versuchen also. Drehen wir zunächst Z nach rechts. Wir wollen annehmen der Ausschlag der Nadel i vergrösserte sich. Dann kehren wir nach O zurück, und nun muss sich die Nadel i nach O wenden, wenn wir weiter nach links (Seite A der Zeichnung) drehen. Angenommen es stünde die Nadel auf O, wenn wir bei dem Winkel a angekommen sind. Nun haben wir ein Resultat, wie bei der Wheatstone'schen Brücke, und wir wollen nun das Schema ähnlich der Form derselben herstellen.

Um noch einen Gesichtspunkt der Vergleichung dieser Verbindung mit der Form der Wheatstone'schen Brücke hervorzuheben, kann man darauf aufmerksam machen, dass bei der letzteren an jedem der vier

Punkte Fig. 43, — 1. Abschn. §. 4 — wo überhaupt Verzweigung stattfindet, drei Zweige abgehen. Dies ist hier bei *II*, bei *n*, bei *Z* und bei *III* und *IV* auch der Fall. Die Figur 60 entspricht also der vorn Fig. 43 gezeichneten vollständig, wenn wir die Seite links als unten und *III* und *IV* als oben ansehen, die Verbindung mit dem Galvanometer (Multiplicator) entspricht vollständig der eigentlichen Brücke *r*.

Ist nun die Nadel in der Brücke *r* gleich *O*, so muss der von der einen Seite kommende Strom gleich dem der anderen Seite sein, da alle

Fig. 60.



Theile einander gleich sind. Bei der Brücke führen wir die Gleichheit durch Einschalten von Rheostatenwindungen herbei. Haben wir nun ursprünglich nicht Gleichheit, sondern wird die Nadel abgelenkt, und haben wir dann auf der einen Seite $n + w$ und auf der anderen $x + w$, so können wir Gleichheit herbeiführen, wenn wir auf der einen Seite soviel abziehen, wie wir auf der anderen Seite zulegen, so dass wir dann haben:

$$n + w - a = x + w + a.$$

Ist dies der Fall, so stehen $w - a : w + a$ im umgekehrten Verhältniss zu einander, wie $x : n$, d. h. es findet die Gleichung statt

$$w - a : w + a = n : x.$$

Diesen Fall haben wir hier. Das w entspricht dem Platindrahte, n dagegen dem bekannten Widerstande. Steht *Z* auf *O*, so ist auf der einen, wie auf der anderen Seite $w = 150$ eingeschaltet. In diesem Falle hatten wir nicht *O*. Durch Drehen wurde aber bei n etwas ausgeschal-

tet und ebenso viel bei x eingeschaltet. Als Z auf α stand, hatten wir O, mithin war also da dann

$$150 - \alpha : 150 + \alpha = n : x$$

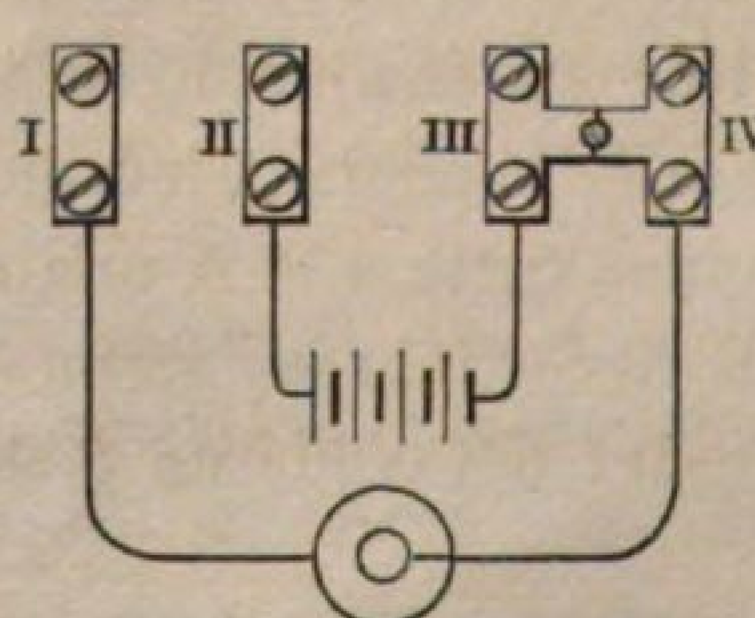
und hieraus folgt

$$x = \frac{150 + \alpha}{150 - \alpha} n.$$

Da nun in diesem Falle alle Theile ausser x bekannt sind, nämlich $n = 11$ d. h. $1 + 10$ Siemens Einheiten und α der Ablenkungswinkel, so ist dadurch x bekannt. Selbstverständlich müsste man statt des Loches bei 100 die beiden anderen stöpseln, falls 11 zu klein wäre, oder man könnte alle drei offen lassen, und hätte dann als bekannten Widerstand 111 S. E.

5. Messung elektromotorischer Kräfte. Bekanntlich bestimmt man die elektromotorische Kraft einer Säule in der Weise, dass man ihr eine andere Säule von bekannter Kraft entgegen wirken lässt. Nachdem also die Nadel, wie Z auf den Nullpunkt eingestellt und die Löcher zwischen den Schienen bei 1, 10 und 100 gestöpselt sind, da hier keine Widerstände gebraucht werden, wird eine bekannte Säule, deren elektromotorische Kraft grösser sein muss als eine der zu prüfenden, mit ihren Polen an *II* und *III* gespannt. Das Loch zwischen *III* und *IV* darf auch nicht gestöpselt sein. Eine der unbekannten Säulen wird dann so an *I* und *IV* gespannt, dass *I* und *III*, *II* und *IV* gleiche Pole haben. Hiernach stellt dann die Figur 61 den Strom-

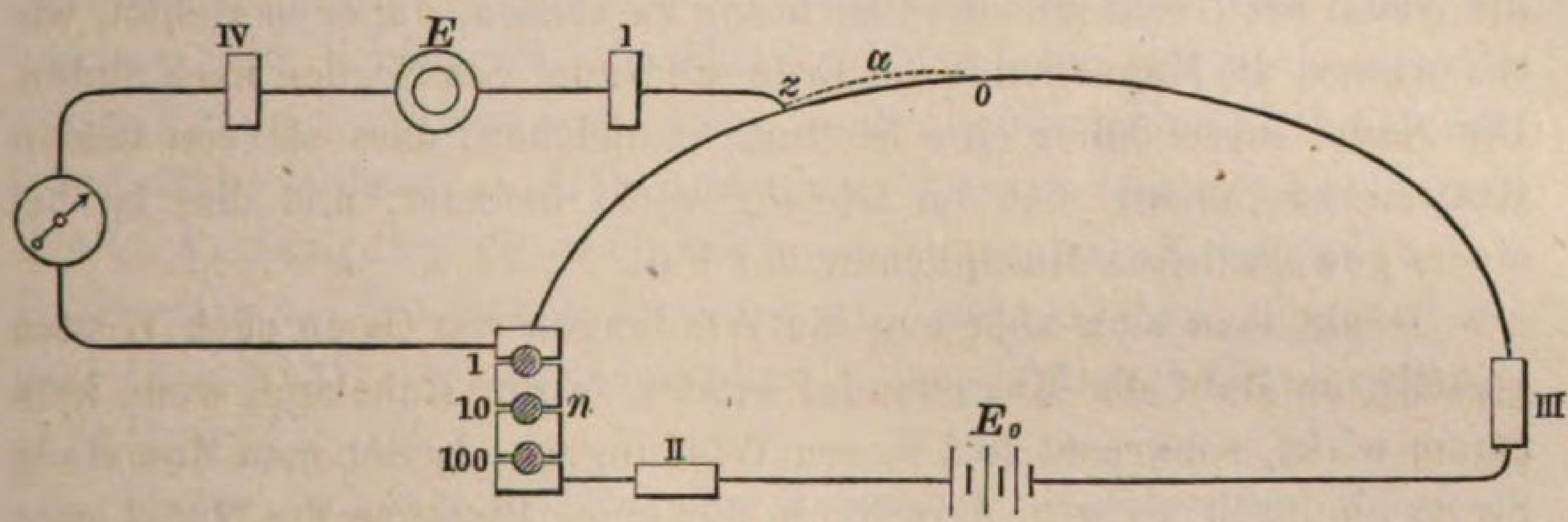
Fig. 61.



lauf dar, den wir uns wieder an die Figur 57 angefügt denken müssen. Dagegen giebt Fig. 62 nach der vorn angestellten Betrachtung das Schema für den Stromlauf in dem gegebenen Falle, nachdem wir wiederum Z so lange gedreht hatten, bis die Nadel wieder auf O stand. Nach der vorn besprochenen Compensationsmethode von Poggendorff entspricht diese Combination der Zeichnung in Figur 36. Die beiden

Säulen E_0 und E haben den gemeinsamen Draht (r) zwischen Z und 100, auf dem dort der Rheostat war. Dieser wird hier dadurch ersetzt, dass Z von o nach α geführt wurde. α bedeute eine Ablenkung nach der linken Seite A des Schemas. Es gehen also hier von den beiden Punkten Z und 100 drei Zweige ab. Die beiden anderen enthalten jeder eine Säule, das Uebrige ist gleichgültig.

Fig. 62.



In diesem Falle gilt die Gleichung

$$E_0 : E = 300 + u : 150 - \alpha,$$

wo u den Widerstand der Säule E_0 bedeutet,

$$\text{d. h. } E = E_0 \frac{150 - \alpha}{300 + u}.$$

Hätten wir nun die zweite zu prüfende Säule eingeschaltet und dadurch bei der Zurückführung der Nadel auf O eine Ablenkung α von Z nach der anderen Seite des Apparates hin als zuvor erhalten, also rechts nach B hin, so würde sich die Gleichung ergeben

$$E_1 = E_0 \frac{150 + \alpha}{300 + u}.$$

Aus diesen beiden Gleichungen ergiebt sich eine dritte ohne u:

$$\frac{E}{E_1} = \frac{150 - \alpha}{150 + \alpha}$$

$$\text{oder } E : E_1 = 150 - \alpha : 150 + \alpha.$$

So haben wir die Werthe der elektromotorischen Kraft beider Säulen bestimmt.

9. Der selbstthätige Stromregulator von Kohlrausch. Erst nachdem wir die Apparate besprochen haben, welche zur Messung des Stromes dienen, wird es möglich, einen neu erfundenen Apparat zu

beschreiben, welcher einem Bedürfniss beim Gebrauch galvanischer Säulen wenigstens innerhalb gewisser Grenzen abhilft. Derselbe ist schon bei manchen der bisher besprochenen Versuche anwendbar gewesen, doch das mangelnde Verständniss der dabei zur Verwendung kommenden Theile erlaubte bis jetzt nicht seine Besprechung.

Wenn man zwischen den von Norden nach Süden gerichteten Windungen des Multiplicatordrahtes eine gewöhnliche Magnetnadel aufhängt, so hat ein durch diese Windungen gehender Strom das Bestreben, die Nadel senkrecht auf diese Richtung zu stellen, dagegen richtet, wie wir wissen, die Magnetkraft der Erde die Nadel von Norden nach Süden. Die Nadel muss daher eine Stellung einnehmen, dass sie von beiden Kräften beeinflusst sich im Gleichgewicht befindet, und dies ist bei einem gewöhnlichen Multiplicator der Fall.

Denkt man sich aber nun die Windungen von Osten nach Westen gestellt, so steht die Magnetnadel bereits in der Ruhelage, wenn kein Strom wirkt, senkrecht auf diesen Windungen. Leitet man nun einen Strom hindurch, so wird derselbe in der einen Richtung die Nadel ganz in Ruhe lassen, in der entgegengesetzten Richtung wird er dagegen das Bestreben haben, sie mit dem Nordpol nach Süden zu stellen, also sie um einen Halbkreis zu drehen. Ist nun die Nadel genügend klein gegen die Ausdehnung der Windungen, so wird der Strom in allen Stellungen der Nadel bei ihrer Drehung mit gleicher Kraft auf dieselbe wirken, oder was dasselbe sagt, die Richtkraft des Stromes wird dem Sinus des Ablenkungswinkels aus der Stromrichtung proportional sein.

Nun kann man ferner dieser Nadel einen constanten Magneten nähern, so dass die Richtkraft des Erdmagnetismus ebenfalls aufgehoben wird, z. B. den Südpol des Magneten dem Südpol der Nadel zugewendet. Denken wir uns dabei den genäherten Magneten so gross, dass seine Richtkraft auch dem Sinus des Ablenkungswinkels der Nadel proportional ist, so kann man bei dem Einfluss beider Kräfte nur stabiles Gleichgewicht in der Lage der Nadel von Norden nach Süden haben. Ueberwiegt der Einfluss des Stromes, so steht dann die Nadel mit dem Nordpol nach Süden, im anderen Falle umgekehrt. Halten aber beide Kräfte einander das Gleichgewicht, so muss sich die Nadel in *jeder Lage* im Gleichgewicht befinden.

Denken wir uns nun diesen Zustand der Nadel für eine bestimmte Stromstärke hergestellt. Dies bewirkt man, indem man diesen Strom um die Nadel sendet und dann den Correctionsmagneten so lange nähert, bis das Ziel erreicht ist. Aus dem Gesagten wissen wir, dass dies in jedem Falle möglich ist. Aendert man dann den Strom um das

Mindeste, so muss sich die Nadel in dem einen oder anderen Sinne drehen. Ist man aber im Stande, wenn dieser astatische Zustand für eine bestimmte Stromstärke hergestellt ist, zu gleicher Zeit in den Stromkreis einen Widerstand ein- und auszuschalten, so erhält die Nadel stabiles Gleichgewicht in einer ganz eigenthümlichen Weise. Kann man nämlich bewirken, dass die Nadel selbstthätig immer Widerstand einschaltet, wenn man welchen ausschaltet und umgekehrt, so muss die Nadel auf demselben Stande stehen bleiben, weil die geringste Abweichung nach der einen Seite einen gleichen Einfluss nach der anderen Seite hervorruft, die Nadel stellt sich nur bei der bestimmten Stromstärke in die bestimmte Lage, weil die Einrichtung keine andere Stromstärke zulässt. „Mit anderen Worten“, sagt Kohlrausch, „Jede Aenderung in der elektromotorischen Kraft oder dem Widerstande des Stromkreises wird durch den Apparat sofort compensirt, so dass beständig die verlangte Stromstärke erhalten bleibt“.

Dieses wichtige Ziel hat nun Kohlrausch in folgender Weise erreicht [1]). Die Figur 63 stellt den von ihm angewandten Apparat dar.

Behufs der Gleichmässigkeit des zu erzielenden Einflusses der Multiplicatorwindungen auf die Nadel sind diese Windungen nicht in der Mitte durchbrochen, und die Nadel ist an einem Bügel befestigt, der die Windungen umfasst uud an einem Coconfaden hängt. Der obere Arm des Bügels ist verlängert und trägt an seinen nach unten gebogenen Enden Platten, die als Elektroden dienen, während in der Mitte des unteren Bügels die Nadel befestigt ist. Die Elektroden tauchen in ringförmige Tröge mit Kupfervitriollösung. Der Strom wird nun bei *a* eingeleitet, durchläuft zunächst die Multiplicatorwindungen und geht von der zweiten Klemmschraube zu der festen, in das hintere Gefäss tauchenden Elektrode *b*. Von hier geht er durch die Flüssigkeit nach der hinteren beweglichen Elektrode, durchströmt den oberen Bügel, tritt vorn in die Flüssigkeit und bei *c* aus dem Apparat zum anderen Pole der Säule.

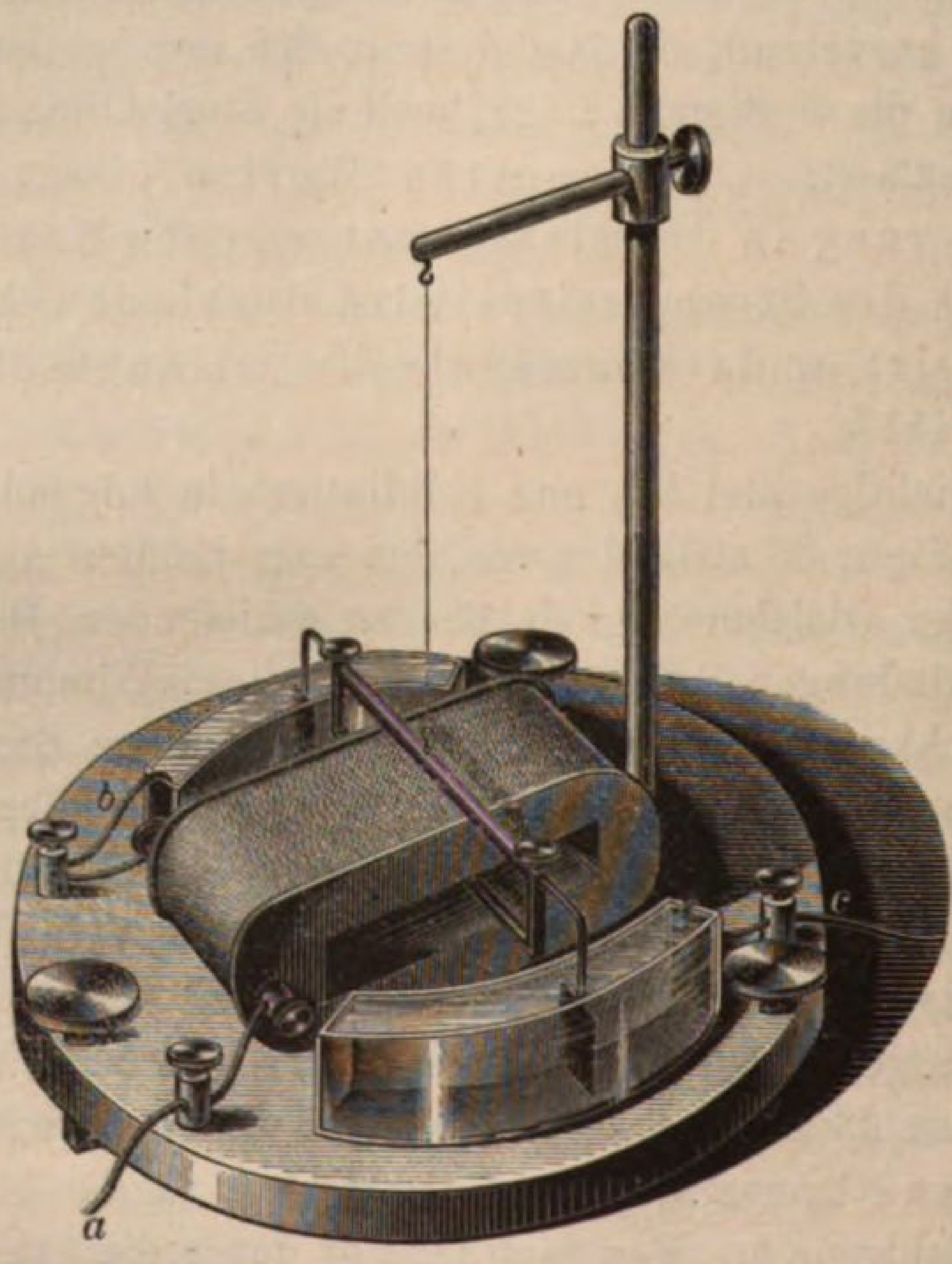
Wird nun der Strom so geleitet, dass derselbe die Nadel in dem Sinne ablenkt, dass die beweglichen Elektroden sich von den festen *b* und *b* entfernen, so ist die eben gestellte Aufgabe gelöst. Verstärkt sich nämlich der Strom — etwa durch Ausschalten von Widerstand, — so wird die Nadel so gedreht, dass sich die beweglichen Elektroden von den festen entfernen. Dadurch wird aber mehr Widerstand eingeschaltet,

[1]) Pogg. Ann. 132 p. 266.

und dies muss in dem Verhältniss geschehen als die Zunahme stattfand, der Strom muss also seine vorherige Stärke wenigstens annähernd behalten. Dieselben Gründe walten ob, bei Schwächung des Stromes.

Es ist klar, dass zur Beobachtung der herrschenden Stromstärke noch ein anderes Galvanometer in dem Stromkreise sein muss. An diesem beobachtete Kohlrausch, dass die Stromstärke, die in einem be-

Fig. 63.



sonderen Falle in 10 Minuten um etwa 10 Procent abnahm, mit dem Regulator nur innerhalb der Grösse der Beobachtungsfehler schwankte, auch nach der Unterbrechung stellte sie sich sofort mit Genauigkeit wieder her, und der Strom bleibt Tage lang constant.

Die Nadel dieses selbstthätigen Stromregulators steht, wenn er in Thätigkeit ist, unter dem Einflusse zweier Kräfte, nämlich dem des Correctionsmagneten und dem des Stromes, beide treiben nach verschiedenen Richtungen. Wird nämlich die Nadel parallel den Drahtwindungen gestellt, so strebt der Strom sie senkrecht auf diese Richtung zu stellen, während der Stahlmagnet dem Erdmagnetismus entgegen

wirkt. Die Kraft, mit der dies seitens beider Kräfte geschieht, ist durch die Stärke des Magnetismus der Nadel bedingt. Da ausserdem beide Kräfte in demselben Verhältnisse stärker oder schwächer wirken müssen, wenn die Nadel stärker oder schwächer wird, so ist der Regulator von der Intensität der Nadel durchaus unabhängig, dagegen muss vorausgesetzt werden, dass die Intensität des Erdmagnetismus und die des Correctionsmagneten constant bleiben, wenn der Regulator den Strom constant erhalten soll.

Es ist vorher gesagt, dass das Ziel, einen constanten Strom zu erhalten, nur innerhalb gewisser Grenzen durch diesen Regulator erreicht wird. Wir müssen zunächst hervorheben, dass dabei nur von schwachen Strömen die Rede sein kann, weil einerseits die Multiplicatorwindungen keinen sehr starken Strom erlauben, dass aber andererseits die Einschaltung von Kupfervitriollösung an und für sich den Strom schwächt. Ausserdem aber kann die Erhaltung des constanten Stromes nicht bis ins Unendliche fortgehen, da, wie man einsieht, eine immer grössere Schwächung der Säule nicht immer wieder durch Verkleinerung der Strecke von Kupfervitriollösung ausgeglichen werden kann. Es wäre dies ein Widerspruch, denn wir nehmen an, dass die Nadel mit den eintauchenden Elektroden zurückweicht, und dadurch wird der Strom wieder stärker, erreichte er nun aber absolut die vorige Stärke, so müsste die Nadel wieder auf ihre frühere Stellung zurückgehen, in dieser früheren Stellung war der Strom aber schwächer geworden, folglich ist die frühere Stellung bei demselben Strome wie früher unmöglich, denn der frühere Strom wird ja eben durch Ausschalten von Kupfervitriol erreicht. Wenn aber auch nicht dauernd ein constanter Strom erhalten werden kann, so ist doch ein immerwährendes Schwanken sicher vermieden. Dass aber Kohlrausch selbst nur dies erreicht zu haben behauptet, geht schon daraus hervor, dass er angiebt, der von ihm geprüfte Strom hätte sich innerhalb 24 Stunden fast constant erhalten.

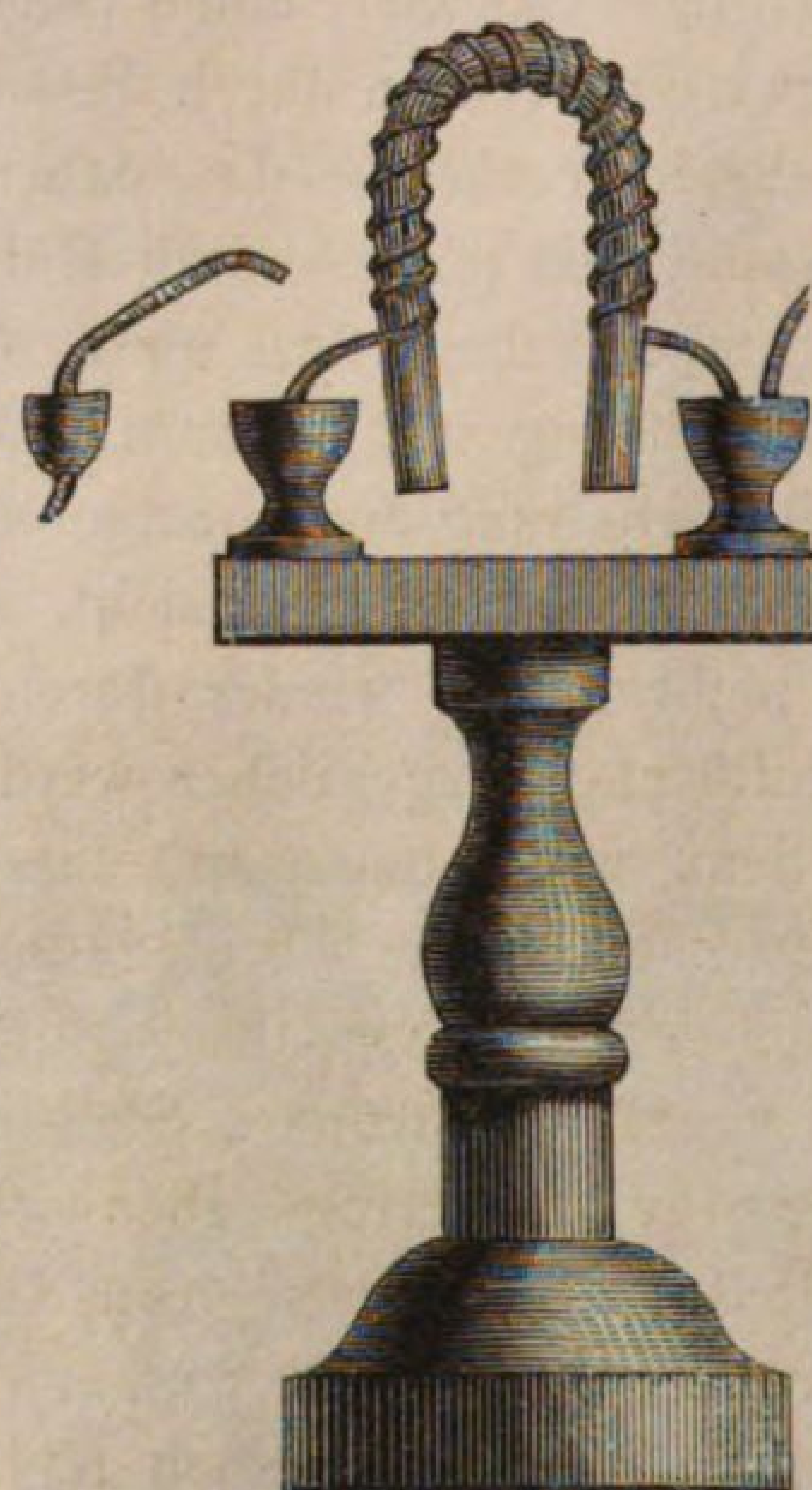
10. Der Elektromagnet. Da der galvanische Strom das Bestreben hat, ein magnetisches Molekül senkrecht auf die durch ihn und den Mittelpunkt des Moleküls gelegte Ebene zu stellen und die Moleküle des Eisens beweglich gedacht werden, so muss ein in der richtigen Weise zu einem Eisenstabe gelegter galvanischer Strom die Eisenmoleküle so richten, wie dies ein dem Eisen genäherter Magnet thun würde. Der galvanische Strom muss also in Folge dieser Eigenschaft das Eisen magnetisiren. Diese magnetisirende Kraft des Stromes wird nach dem

bereits Entwickelten erhöht, wenn der Strom durch eine um das Eisen gelegte Windung läuft, und vervielfacht durch Vervielfachung dieser Windungen.

Diese hier entwickelten Schlüsse führten Sturgeon zuerst dahin, einen durch Elektricität hervorgerufenen Magneten, einen Elektromagneten, herzustellen.

Die Fig. 64 stellt den ersten von Sturgeon construirten Elektro-

Fig. 64.

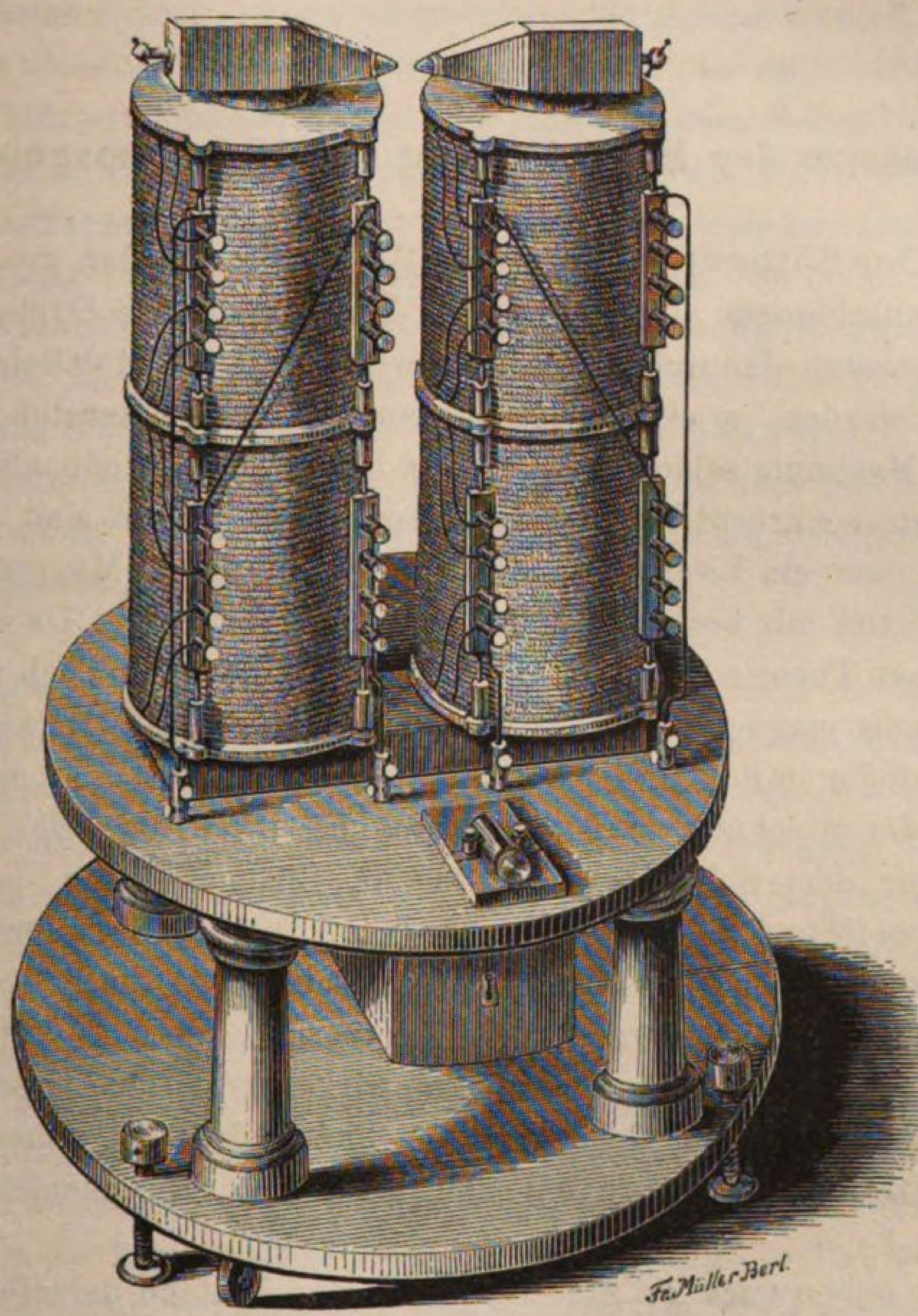


magneten dar, Fig. 61 dagegen giebt ein Bild des grossen Elektromagneten, welcher im physikalischen Cabinet der Berliner Universität vorhanden ist.

Die cylindrischen Schenkel dieses Hufeisenelektromagneten haben $10{,}75^{cm}$ Durchmesser und sind je $58{,}07^{cm}$ lang. Sie stehen auf einem parallelopipedischen Querstück von $48{,}29^{cm}$ Länge, $13{,}05^{cm}$ Breite und $5{,}87^{cm}$ Dicke. Die Entfernung der Axen beider Schenkel beträgt $36{,}54^{cm}$. Die die Schenkel umgebenden Spiralwindungen sind auf Messinghülsen gewickelt, deren ein jeder Schenkel zwei trägt. Das Gewicht des ganzen, alle vier Hülsen bedeckenden Kupferdrahts ist 121,5 Klgr. Dieser Kupferdraht hat $2{,}25^{mm}$ Durchmesser und ist mit Baumwolle besponnen, er umgiebt die beiden Schenkel mit wenigstens 5000 Windungen. Die Bewicklung ist so gemacht, dass immer vier Drähte einander parallel

laufen. Die Enden eines jeden der vier parallelen Drähte führen nach einer Klemmschraube, so dass eine jede Hülse, wie die Fig. 65 zeigt, 8 Klemmschrauben trägt, mittelst deren der galvanische Strom durch

Fig. 65.



die vier Drahtlagen gleichzeitig oder hinter einander geleitet werden kann. Die Klemmschrauben sind auf Holzleisten befestigt, so dass sie also von einander isolirt sind. Die vier auf dem Tische befestigten Klemmschrauben nehmen die von der Säule kommenden Leitungsdrähte auf. Vor diesen Klemmen ist eine Vorrichtung zum Oeffnen und Schliessen des Stromes auf dem Tische befestigt, welche in leitender Verbindung mit ihnen steht. Auf jedem der Magnetpole ist ein sogenannter Halbanker aufgelegt, ein parallelopipedisches, vorn zugespitztes Eisenstück, dessen Spitze die Fortsetzung eines in den Anker eingeschliffenen Eisen-

cylinders ist. Dieser Cylinder kann mittelst Messingschrauben aus dem Anker herausbewegt und zurückgezogen werden, so dass die beiden gegenüberstehenden Spitzen beider Anker bis zu jeder beliebigen Nähe an einander gebracht werden können.

§ 3.

Gesetze der Magnetisirung der Elektromagnete.

1. Der Sättigungszustand. Wenn wir uns der theoretischen Ansicht anschliessen, dass ein durch den galvanischen Strom magnetisirter Eisenstab dadurch magnetisch wird, dass die Molekularmagnete gerichtet werden, so ergiebt sich daraus, dass ein Eisenstab dann das absolute Maximum seines Magnetismus haben muss, wenn alle Molekularmagnete senkrecht auf die Stromesrichtung gestellt sind. Es folgt hieraus, dass ein Eisenstab nicht immerwährend an Magnetismus zunehmen kann mit beständiger Steigerung des Stromes. Da nun ferner nach dieser Theorie das Eisen dadurch wieder unmagnetisch wird, dass die Molekularmagnete durch den gegenseitigen Einfluss auf einander wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückkehren, so muss dieser Einfluss der Moleküle auf einander auch bewirken, dass die Theile um so weniger dem richtenden Einflusse des Stromes folgen, je mehr sie bereits aus ihrer Ruhelage gebracht sind, d. h. je stärker der Strom ist. Man wird einsehen, dass sämmtliche Gesetze über die Steigerung des Magnetismus in Eisenkernen modificirt werden müssen durch den Einfluss dieser dem Magnetismus entgegenwirkenden Kraft. Dass aber eine solche Modification der Gesetze in der That stattfindet, haben hinsichtlich der Stromstärke Joule[1]) und Müller[2]) experimentell nachgewiesen.

Wir haben vorn bei Stahlmagneten den Zustand derselben Sättigung genannt, wenn sie bei Anwendung einer stärker magnetisirenden Kraft nicht mehr stärkern Magnetismus annehmen, und in Bezug hierauf ist das Wort auch vollständig bezeichnend. Nun verhält sich aber bei den Elektromagneten die Sache etwas anders. Wenn nämlich bei einem einigermassen starken Magnetkerne die magnetisirende Kraft gesteigert wird, so beobachtet man bis zu einem ziemlich hohen Grade eine Proportionalität des Magnetismus mit der magnetisirenden Kraft, dann aber

[1]) Philos. Mag. (4) II. pag. 306; Dub, Elektrom.g pag. 86. [2]) Pogg. Ann. 97. pag. 338; Dub, Elektrom. pag. 89.

ein Zurückbleiben des Magnetismus gegen diese Kraft. Diese Erscheinung ist eben eine Annäherung an die Sättigung, und man hat sie den Sättigungszustand genannt, der in desto höherem Grade hervortritt, je mehr die magnetisirende Kraft wächst.

Obgleich durch diesen eintretenden Sättigungszustand die jetzt folgenden Gesetze beschränkt werden müssen, so zeigt sich derselbe doch bei mässiger Magnetisirung oder einigermassen dicken Eisenstäben keineswegs so stark, dass überhaupt gar keine einfache Gesetzmässigkeit hervortreten könnte, sondern unter den eben genannten Bedingungen sind allerdings die hier folgenden Gesetze gültig. So ist es beispielsweise mir nicht möglich gewesen, an zolldicken Magneten irgend welche Annäherung an die Sättigung zu beobachten, wenn der sie magnetisirende Strom auch so stark war, dass der 1,5^{mm} dicke Kupferdraht der Spirale erwärmt, und an einer Tangentenbussole über 60° Ablenkung hervorgebracht ward. Auch viele von J. Müller angestellte Versuche zeigen dasselbe Resultat.

2. Die magnetisirende Kraft. Es ist bereits erwähnt, dass der Magnetismus nicht allein durch die Stärke des galvanischen Stromes, sondern auch dadurch gesteigert werde, dass der Strom den Magnetkern öfter umkreis't, d. h. dass die Anzahl der Windungen der galvanischen Spirale sich vergrössert. Die Stärke eines Magneten ist also von der Stärke des Stromes und der Windungszahl der Spirale abhängig, und deshalb hat man das Produkt aus Stromstärke und Windungszahl der Spirale die magnetisirende Kraft des Elektromagneten genannt.

Wir haben vorn schon den Unterschied zwischen dem erregten und freien Magnetismus und der Anziehung besprochen. Die Anziehung muss noch in eine solche geschieden werden, welche bei unmittelbarer Berührung von Anker und Magnet, und in die, welche bei Entfernung beider von einander wirksam ist. Die erste bezeichnet man gewöhnlich mit dem Namen Tragkraft, während die letztere Wirkung eigentlich Anziehung heisst. Diese beiden Arten der Wirkung folgen im Allgemeinen demselben Gesetz, und wir werden daher hier beide nicht scheiden, sondern bei der Besprechung der Anker die vorkommenden Abweichungen angeben. Da ferner der erregte Magnetismus doch nur theoretische Wichtigkeit hat, und daher im Verlaufe sämmtlicher Entwickelungen dieses Werkes nicht in Betracht kommt, so soll auch der Gesetze dieser Wirkungsart, besonders um Begriffsverwirrung zu vermeiden, hier nicht weiter Erwähnung geschehen. Wir scheiden also hier nur die Wirkung eines Magneten auf eine Magnetnadel und die

Wirkung auf einen Anker, den freien Magnetismus und die Anziehung.

Bevor wir zur Aufführung der Gesetze schreiten, denen die magnetisirende Kraft folgt, muss noch des Einflusses der verschiedenen Stromrichtungen auf die Magnetisirung Erwähnung geschehen.

Wir haben vorn gesehen, dass ein und derselbe Strom die Nadel in entgegengesetzten Richtungen ablenkt, je nachdem er selbst in entgegengesetzten Richtungen strömt. Derselbe Einfluss, den die Nadel erleidet, wird auf die Moleküle eines Magneten geübt; auch diese werden nach der einen oder anderen Seite hin gerichtet, je nachdem der Strom den Eisenstab in der einen oder anderen Richtung umkreist. Der hierdurch nach aussen erscheinende Einfluss der verschiedenen Stromrichtungen besteht darin, dass die Pole des Magneten umgekehrt werden.

Nach der von Ampère gegebenen Regel über die Richtung der Magnetnadel[1]) in Bezug auf die Stromrichtung folgt nun für die Lage der Pole des Magneten, dass immer an dem Ende des Magneten der Südpol ist, wo bei einer gleich dem Zeiger einer Uhr sich windenden Spirale (einer rechts gewundenen) der positive Strom eintritt, wogegen bei einer links gewundenen an der Eintrittsstelle sich der Nordpol befindet. Aus dieser Regel lässt sich für jeden einzelnen Fall im Voraus die Lage der Pole bestimmen, und da in allen in der Praxis vorkommenden Fällen, wenn nicht besondere Gründe vorhanden sind, die Spiralen rechts gewunden werden, so kann man unter dieser Bedingung sagen:

„Der Südpol befindet sich immer an dem Ende des Elektromagneten, wo der positive Strom eintritt".

Windet man nun die Spirale, wie das gewöhnlich geschieht, in mehreren Lagen um den Kern, so kehren die Windungen bei der zweiten Lage wieder nach dem Anfangsende zurück, allein dadurch geschieht keine Aenderung in dem magnetisirenden Einflusse dieser Windungen, weil deshalb die Spirale doch rechts gewunden bleibt, wenn sie es bei der ersten Lage war. Man darf nur aus diesem Grunde nicht, Behufs der Bestimmung der Pole, den Austritt des Stromes als Gegensatz zu seinem Eintritt betrachten, wie das wohl zuweilen geschieht, denn in dem Falle, wo eine gerade Anzahl von Spirallagen vorhanden ist, tritt der Strom an demselben Ende des Magneten aus, wo er in die Spirale eintritt. Nur der Eintritt des Stromes ist für die Polbestimmung maassgebend.

[1]) Siehe Abschnitt II. § 2. No. 1.

In Bezug auf den magnetisirenden Einfluss verschieden starker Ströme haben nun die Versuche folgende Gesetze festgestellt, welche innerhalb der Grenzen ihre Gültigkeit haben, die durch den Sättigungszustand bedingt werden:

1. „der freie Magnetismus der Endflächen eines Elektromagneten ist der Stromstärke proportional.“

Hinsichtlich der Anziehung ist unter Umständen die Wirkung eines geraden Stabes von der eines Hufeisens verschieden, allein eine solche Verschiedenheit findet in Bezug auf die Stromstärke nicht statt, es gilt hier für beide Arten von Magneten der Satz.

2. „die Anziehung der Elektromagnete ist dem Qnadrate der magnetisirenden Ströme proportional.“

In Hinsicht auf die vom Strome durchflossene Spirale kommen ausser der Anzahl von Spiralwindungen, aus denen dieselbe besteht, und welche, wie wir schon erwähnt haben, vom grössten Einflusse auf die Magnetisirung sind, noch mehrere andere Umstände in Betracht, die einen besonderen Einfluss haben. Manche derselben hielt man, bevor genaue Untersuchungen darüber angestellt waren, für einflussreich, allein es stellte sich dies später als irrig heraus. Hierher gehört besonders die Substanz und Dicke der Spiraldrähte.

Lenz und Jacobi stellten über die Wirkungslosigkeit der Dicke des Spiraldrahtes einen recht anschaulichen und durchaus entscheidenden Versuch an[1]). Sie wickelten nämlich um einen Eisenkern zwei Drähte, deren einer kaum $^1/_{10}$ der Dicke des anderen hatte, und leiteten nun denselben Strom durch beide Drähte in entgegengesetzter Richtung. Nun wissen wir, dass ein in entgegengesetzter Richtung geleiteter Strom den Magneten entgegengesetzt magnetisirt, dass also, wenn der magnetisirende Einfluss in beiden Richtungen gleich ist, gar kein Magnetismus entstehen kann. Dies zeigte sich im vollkommensten Maasse bei dem genannten Versuche, der Eisenkern blieb unmagnetisch; während wenn die Dicke der Drähte einen Einfluss übte, doch die Differenz beider Wirkungen den Kern magnetisch gemacht haben müsste. Dasselbe negative Resultat erhält man, wenn die Drähte aus verschiedenen Substanzen bestehen, und hieraus folgt denn:

3. „die Substanz und die Dicke des Spiraldrahtes ist bei gleicher Stromstärke ohne Einfluss auf den Magnetismus.“

[1]) Pogg. Ann. 47. pag. 244.

In Bezug auf die Weite der Windungen können wir im Allgemeinen sagen, dass dieselbe ebenfalls ohne Einfluss ist, nur geht um so mehr von der Seitenwirkung der am Ende befindlichen Windungen verloren, je weiter dieselben sind, und je weniger der Magnet aus den Windungen hervorsteht, weil dann der seitwärts wirkende Strom keine zu magnetisirende Theile trifft. Das eben Gesagte gilt für den Fall, dass die Spirale den Kern seiner ganzen Länge nach bedeckt, ist dies jedoch nicht der Fall, so ist zu bemerken:

4. „der freie Magnetismus und die Anziehung nehmen bei einem geraden Stabe und bei einem Hufeisen zu, je mehr die magnetisirende Kraft an den Enden aufgehäuft wird; bei einem geraden Stabe vermehrt sich auch die Kraft bei Anhäufung der Spiralwindungen in der Mitte des Kernes[1]."

Der Haupteinfluss, den die Spirale auf die Magnetisirung ausübt, wird durch die Anzahl ihrer Windungen bedingt, und hier lehren die Versuche, mit Berücksichtigung des vorn erwähnten geringen Verlustes am Ende des Kernes, den Satz:

5. „der freie Magnetismus ist der Anzahl der Spiralwindungen proportional."

6. „die Anziehung ist dem Quadrate der Anzahl der Spiralwindungen proportional."

Aus diesen und den Sätzen über die Stromstärke folgt nun, dass die ganze magnetisirende Kraft dem Produkt aus beiden Einflüssen hinsichtlich des freien Magnetismus und dem Quadrate dieses Produkts hinsichtlich der Anziehung proportional ist.

Ziehen sich zwei Magnete gegenseitig an, so dient gleichsam einer dem anderen als Anker, und es gilt daher für diesen Fall der Natur der Sache gemäss das Gesetz:

7. „die Anziehung zweier Elektromagnete ist proportional dem Quadrat der Summe der Produkte aus Stromstärke und Windungszahl der Spiralen beider Magnete."

Eine galvanische Spirale wirkt nun nicht allein magnetisirend auf einen Eisenkern, sondern sie zieht auch einen ausserhalb befindlichen Magneten an, und diese Anziehung ist besonders stark, wenn sich der Kern in der Axe der Spirale befindet. Auch für diese Kraft gilt der Satz:

8. „die Kraft, mit der ein Eisenstab von einer galvanischen

[1]) Dub, Elektromagnetismus pag. 164 u. 258.

Spirale angezogen wird, ist dem Quadrat des Produkts aus Stromstärke und Windungszahl der Spirale proportional."

Dass hier das quadratische Verhältniss der magnetisirenden Kraft auftritt, hat darin seinen Grund, dass die Anziehung durch die Wechselwirkung zwischen Magnetismus des Kernes und magnetisirender Kraft bedingt ist, denn mit dem Wachsen des Letzteren ist zugleich eine Verstärkung des Magnetismus des Kernes verbunden, die jenem proportional ist. Wird dagegen die Anziehung auf einen gesättigten Stahlmagneten ausgeübt, so ist die Anziehung nur einfach der magnetisirenden Kraft proportional.

3. Die Dimensionen des Eisenkerns. Der Einfluss, den verschiedene Formen von Magnetkernen auf den Magnetismus ausüben, ist aus dem einfachen Grunde noch nicht in einem alle Fälle umfassenden Gesetz ausgesprochen, weil die Formen der Magnete so mannigfach sind. Hiervon überzeugt man sich durch die von Nicklès gegebene Darstellung der Magnetformen [1]). Es leuchtet ein, dass ein für alle gemeinsames Gesetz nicht leicht aufgestellt werden kann. Wir beschränken uns auf die Mittheilung der Gesetze, welche bis jetzt über einfache gerade Stahlmagnete und Hufeisen bekannt sind, deren Querschnitt auf ihrer ganzen Länge derselbe bleibt. Bei Magneten dieser Art ist dann besonders die Dicke und Länge der Kerne zu betrachten.

In Bezug auf den Durchmesser der Magnete haben die Versuche zu folgenden Resultaten geführt [2]).

1. „Der freie Magnetismus massiver Eisenkerne von gleicher Länge ist unter übrigens gleichen Bedingungen **den Wurzeln der Durchmesser** dieser Cylinder proportional."
2. „Die Anziehung solcher Kerne ist ihren Durchmessern proportional."

Dass der Magnetismus überhaupt von der Dicke eines Elektromagneten abhängen muss, folgt einfach aus der Theorie des Magnetismus, denn es leuchtet ein, dass die Wirkung nach aussen um so grösser sein muss, je mehr einzelne Moleküle gerichtet werden. Aus derselben theoretischen Betrachtung folgt nun auch, dass hohle Magnetkerne geringeren Magnetismus geben müssen, als massive, allein es steht darüber kein einfaches Gesetz fest, weil es schwierig ist, die Vertheilung

[1]) Nicklès, Ueber die Form der Magnete. [2]) Dub, Elektrom. pag. 197.

des Magnetismus im Querschnitte eines Kernes zu prüfen. Zwar hat man den Magnetismus eines Kernes geprüft, der aus einer Anzahl in einander geschobener Hülsen bestand, allein abgesehen davon, dass mehrere solcher Hülsen immer noch etwas Anderes sind, als das Continuum eines Körpers, so kommen dabei überdies noch sehr viele Umstände in Betracht, deren allseitige Berücksichtigung das Experiment sehr erschwert, und nicht leicht sichere Schlüsse zulässt. Dies steht jedoch fest und lässt sich auch aus der Analogie mit Stahlmagneten nachweisen, dass der Magnetismus von dem äusseren Umfange des Magneten bis zur Mitte hin stetig abnimmt.

Ausserdem haben die Versuche gezeigt, dass ein aus einem Bündel von Stäben bestehender Eisenkern geringern Magnetismus liefert, als ein massiver, sobald er von einem dauernden Strome magnetisirt wird. Aus später zu besprechenden Gründen der Induction ist jedoch der Magnetismus eines solchen Drahtkernes stärker als der eines massiven, wenn derselbe nur auf kurze Zeiten durch intermittirend wirkende Ströme magnetisirt wird[1]).

Bei der Betrachtung des Einflusses der Dimensionen des Eisenkernes überhaupt, besonders aber bei der Prüfung des freien Magnetismus verschieden langer Eisenkerne, kommen vorzüglich zwei Umstände in Betracht, welche den Magnetismus derselben bedingen. Dies ist die grössere oder geringere Zahl der Theile und die grössere oder geringere Entfernung der Pole. Bei Eisenkernen von verschiedenem Durchmesser ändert sich die Entfernung der Pole nicht, und der Einfluss auf eine entfernte Magnetnadel wird einfach durch die Vermehrung der magnetisirten Theile bewirkt. In diesem Falle beobachtet man die Proportionalität des Magnetismus mit den Wurzeln der Durchmesser. Bei Vergrösserung der Kernlänge wird nun ebenfalls die Zahl der magnetisirten Theile vermehrt, aber bei Anwendung gerader Stäbe ändert sich dabei gleichzeitig die Entfernung der Pole von einander, und dies muss ebenfalls die Ablenkung der prüfenden Magnetnadel vergrössern. Giebt man nun aber den Stäben Hufeisenform, so kann man verschiedene Längen anwenden, ohne dass dabei die Entfernung der Pole geändert zu werden braucht. Für diesen Fall ist nun

3. „der freie Magnetismus, wie bei den Durchmessern, den Wurzeln der Stablänge proportional[2]),“

während er bei geraden Stäben in grösserem Verhältniss wächst.

Hinsichtlich der Vertheilung des freien Magnetismus auf der ganzen

[1]) Dub, Elektrom. pag. 233. [2]) Dub, Elektrom. pag. 268.

Länge des Magneten gilt das bereits vorn bei den Stahlmagneten aufgestellte Gesetz:

4. „Der freie Magnetismus eines jeden Querschnitts auf der Länge eines Magneten ist der Differenz zwischen der Quadratwurzel aus der halben Länge und der Quadratwurzel aus der Entfernung vom Querschnitt bis zum nächsten Ende des Magneten proportional."

Denken wir uns einen Eisenstab seiner ganzen Länge nach mit der galvanischen Spirale umwunden und diesen Stab an einer Stelle durchschnitten, so erhalten wir dadurch zwei Magnete, die sich gegenseitig mit einer Kraft anziehen, welche der Entfernung dieses Schnittes vom nächsten Ende des Magneten proportional ist." Nennen wir je zwei solcher Magnete, oder einen Magneten mit seinem Anker ein magnetisches System, und untersuchen die Anziehung solcher Systeme, welche durch verschieden gelegte Schnitte erhalten worden ist, so beobachtet man:

5. „Die Anziehung magnetischer Systeme von gleicher Länge ist dem kürzeren Theile derselben proportional."

Daraus folgt denn:

6. „Die Anziehung erreicht bei Systemen von gleicher Länge ihr Maximum, wenn das System in der Mitte durchschnitten ist, d. h. wenn beide Magnete, oder Anker und Magnet gleich lang sind."

Vergleicht man verschieden lange Systeme unter einander, so lehrt der Versuch, dass die Anziehung der Länge der Systeme proportional ist, wenn jedes derselben in der Mitte oder überhaupt an Stellen durchschnitten ist, deren Entfernung vom Ende in den verschiedenen Systemen an Länge diesen Systemen selbst proportional ist. Wir können also überhaupt sagen:

7. „Die Anziehung verschieden langer Systeme ist der Länge derselben proportional, wenn die durch den Schnitt erhaltenen Abschnitte diesen Längen proportional sind."

Aus den hier gegebenen Sätzen folgt der wichtigste Satz aller dieser Untersuchungen, welcher heisst:

8. „Die Anziehung jedes Systems von beliebiger Länge, das auf seiner ganzen Länge mit derselben magneti-

sirenden Kraft bedeckt ist, ist gleich, wenn die Länge des kürzeren Theiles derselben gleich ist."

Bei allen bisherigen Untersuchungen waren für die Hufeisenmagnete dieselben Gesetze gültig, wie bei den geraden Stäben; allein für die Länge der Magnete ist dies nicht der Fall. Dies hat seinen Grund in der Vertheilung des Magnetismus in dem Kerne.

Legt man nämlich an einen geraden Magnetstab einen geraden Anker, so bilden beide ein System, dessen freier Magnetismus an den Enden am stärksten ist. Denkt man nun diese beiden freien Enden an einander gebogen, so dass das ganze einen magnetischen Ring bildet[1], so gleichen sich die beiden ungleichnamigen Magnetismen beider Enden aus, und zwar findet dies ganz vollständig statt, wenn der Ring ganz und gar mit der Spirale bedeckt ist. Ein solcher Ring zeigt gar keinen freien Magnetismus mehr. Dies ist aber nur möglich, wenn der Magnetismus im Kerne gleichmässig vertheilt ist, d. h. wenn in jedem Querschnitte des Kernes der Magnetismus gleich stark ist. Ist aber dies der Fall, so muss auch die Anziehung beider Theile, wenn dieser Ring durch eine Schnittebene in zwei Hufeisen geschnitten wird, gleich sein, mag der Schnitt liegen, wo er will. Hieraus folgt für das Hufeisen, welches doch einen solchen magnetischen Ring bildet:

9. „die Anziehung der Hufeisen ist gleich bei jeder beliebigen Form und Länge derselben, wenn nur die gleiche magnetisirende Kraft über die ganze Länge verbreitet und der Kerndurchmesser gleich ist."

Hierzu kommt, dass dieses Gesetz noch keine merkliche Aenderung erleidet, wenn der Anker auch keine Bewickelung hat, und seine Länge die gewöhnlich inne gehaltenen Gränzen nicht überschreitet.

4. Gesetze der Magnetisirung. Die in Bezug auf die Stromstärke, die Windungszahl der galvanischen Spirale, die Länge und den Durchmesser der Eisenkerne aufgeführten Gesetze des Elektromagnetismus für solche magnetische Systeme, die auf ihrer ganzen Länge gleichmässig mit der galvanischen Spirale bedeckt sind, lassen sich, so lange nicht Sättigung eintritt, in folgenden Formeln darstellen. Bedeutet

F den freien Magnetismus der Endflächen der Elektromagnete,

F_1 den freien Magnetismus an den verschiedenen Stellen auf der ganzen Länge des Magneten,

A die Anziehung eines geraden elektromagnetischen Systems,

[1]) Dub, Elektromagnetismus pag. 288.

$A_{,}$ die Anziehung eines Ankers an den verschiedenen Stellen auf der Längsrichtung des Magneten,
H die Anziehung eines Hufeisens,
s die Stromstärke,
w die Windungszahl der galvanischen Spirale,
d den Durchmesser des Eisenkerns und
l die halbe Länge desselben,

so hat man

1. $$F = s \, . \, w \sqrt{d \, . \, l}.$$

Bezeichnet man mit k den kürzeren Theil eines elektromagnetischen Systems, so ist der an jedem Punkte auf der Länge des Magneten beobachtete freie Magnetismus

2. $$F_{,} = s \, . \, w \sqrt{d} \left(\sqrt{l} - \sqrt{k}\right).$$

Ferner ist

3. $$A = s^2 \, . \, w^2 \, . \, d \, . \, k.$$

4. $$A_{,} = s^2 \, . \, w^2 \, . \, d \left(\sqrt{l} - \sqrt{k}\right)^2$$

5. $$H = s^2 \, . \, w^2 \, . \, d.$$

In Bezug auf den in Eisenkernen eintretenden Sättigungszustand habe ich in neuester Zeit gefunden:

6. Sind Eisencylinder ähnlich bewickelt, d. h. so bewickelt, dass die Windungszahl und die Länge der galvanischen Spirale der Länge der Kerne und ebenso die Weite der Spirale den Durchmessern derselben proportional, so ist
$$T = \frac{d\sqrt{d}}{l\sqrt{l}},$$
wenn T die Tangente der Nadelablenkung bedeutet, bei der Sättigung bemerkbar wird.

5. Einfluss der Form des Magnetkerns in Bezug auf seinen Querschnitt. Die so eben aufgestellten Gesetze werden in manchen Fällen durchaus ungültig, sobald sich die Form der Magnete ändert. Von ganz besonderem Einflusse ist die Grösse der Berührungsfläche zwischen Magnet und Anker, und daher kommt es vorzüglich auf die Enden beider Theile an. Die grössten Abweichungen hinsichtlich der Anziehung bei Aenderung der Berührungsfläche finden statt, sobald Anker und Magnet in unmittelbarer Berührung sind.

Allein in allen bis jetzt von der Kraft des Elektromagnetismus gemachten Anwendungen kommt es nicht auf die Wirkung in Berührung an, sondern auf die Kraft, mit der der Anker von einer möglichst geringen Entfernung ab nach dem Magneten hingezogen wird. Die Kraft der Anziehung steigert sich bei Annäherung des Ankers an den Magneten in so hohem Grade, dass, sobald der Anker nur erst seinen Weg zu dem Magneten hin begonnen hat, es gleichgültig ist, ob die Anziehung durch die Form des Magnet- oder Ankerendes etwas grösser oder geringer wird. Es ist daher die Grösse der Anziehung in Berührung gleichgültig, obgleich bei manchen Anwendungen Berührung zwischen Anker und Magnet eintritt.

In Bezug auf die Anziehung gilt im Allgemeinen trotz der Modificationen durch die Form doch der Satz, dass eine ebene Polfläche, welche dieselbe Grösse wie der Querschnitt des Magneten überhaupt hat, am vortheilhaftesten wirkt. Sowohl Verjüngungen des Kernes, wie Ansatzstücke zur Vergrösserung der Polfläche, sind im Ganzen unvortheilhaft.

Wie die Grösse der Magnetenden, so ist auch die Form und Grösse des Ankers von Einfluss auf die Anziehung, und es gilt im Allgemeinen der Satz, dass die Anziehung mit der Masse des Ankers wächst. Hiernach wären Ansatzstücke an den Enden der Anker vortheilhaft, allein es leuchtet vor Allem ein, dass eine Vergrösserung der ganzen Anker viel günstiger wirken muss, und es sind ausserdem noch Gründe vorhanden, welche in den meisten Fällen bei jeder sonstigen Form der Anker das günstigste Resultat bedingen, wenn der Anker dieselbe Grösse der Berührungsfläche hat wie der Magnet. Diese Beobachtung findet darin ihre Begründung, dass das Maximum der magnetischen Intensität an dem äusseren Rande des Ankers wie des Magneten vorhanden ist.

Bei den Hufeisen, wo der Anker den beiden Polen gegenübersteht, wirkt, im Gegensatze zu einem U förmig gebogenen, ein gerader Anker am vortheilhaftesten. Uebrigens wendet man sowohl vierkantige wie runde Stäbe mit gleichem Erfolge an.

6. Einfluss der Wärme auf den Magnetismus. Schliesslich müssen wir noch des Wärmeeinflusses auf die Elektromagnete erwähnen. Während die Temperaturveränderung bei Stahlmagneten verschiedene Modificationen in der Magnetisirung hervorruft, was in dem Molekularzustand eines Stahlmagneten seine Begründung findet, zeigt ein Elektro-

magnet einfach die Erscheinung, dass der durch denselben Strom hervorgerufene Magnetismus um so geringer ist, je höher die Temperatur des Kernes ist.

§ 4.

Die Inductionselektricität.

1. Volta-Induction. Bis zu dem Jahre 1831 wusste man nichts von dem Einflusse, den ein galvanisch erregter Leiter auf einen von ihm isolirten zu üben im Stande ist. In dem genannten Jahre wurde von Faraday die Entdeckung gemacht, dass in einem neben einem anderen Leiter hinlaufenden, in sich geschlossenen Leiter ein elektrischer Strom entsteht, sobald in dem anderen Leiter ein Strom beginnt und sobald er aufhört.

Diese Erscheinung ist analog dem vorn bei der Reibungselektricität erwähnten elektrischen Rückschlage[1]). Wenn nämlich in dem einen Drahte der Strom anfängt, so wird in Folge dieses beginnenden Stromes der elektrische Zustand in der Umgebung des Leiters geändert, das elektrische Gleichgewicht wird gestört, und diese Störung ist nichts anders als eine Elektricitätserregung, welche sich in einem in der Nähe befindlichen Leiter bemerkbar machen muss. Bleibt nun der primäre Strom bestehen, so bleibt auch der durch denselben bewirkte neue elektrische Zustand constant, es tritt in der Umgebung keine Aenderung weiter ein, und daher muss der in dem zweiten Leiter bewirkte sekundäre Strom sodann wieder aufhören. Unterbricht man nun den primären Strom, so tritt in der Umgebung wieder der ursprüngliche Zustand ein, es entsteht also wieder eine Aenderung und dadurch wieder ein momentaner sekundärer Strom. Da nun das Zurückkehren in den Ruhezustand der Gegensatz des Heraustretens aus demselben ist, so leuchtet ein, dass der erste sekundäre Strom dem zweiten entgegengesetzt sein wird. Und in der That zeigt sich der beim Beginn des primären Stromes auftretende sekundäre Strom dem primären entgegengesetzt gerichtet, wogegen der beim Aufhören desselben entstehende ihm gleichgerichtet ist. Diese sekundären Ströme sind Inductionsströme genannt worden.

Man beobachtet diese Inductionsströme mittelst eines in den sekundären Stromkreis eingeschalteten Multiplicators. Die Nadel dieses Instrumentes lässt einerseits die Richtung dieses Inductionsstromes aus

[1]) Siehe Abschnitt I. § 2 No. 1.

der Seite erkennen, nach welcher hin sie abgelenkt wird, andererseits zeigt sie die nur momentane Dauer desselben dadurch an, dass sie nach dem durch das Schliessen und Oeffnen des primären Stromes bewirkten Ausschlag sich wieder auf den Nullpunkt einstellt.

Da in dem hier angeführten Falle ein in der Nähe befindlicher voltaischer Strom die Ursache der Aenderung des elektrischen Zustandes, d. h. des Inductionsstromes ist, so hat man diese Stromerregung Volta-Induction genannt.

Aus der vertheilenden Wirkung eines beginnenden oder aufhörenden Stromes auf einen benachbarten Leiter schliesst Faraday[1]), dass diese Wirkung auch die Theile desselben Leiters wechselseitig auf einander ausüben müssten, wenn derselbe gerade ist, doch ist mir kein Versuch bekannt, welcher dies unzweifelhaft darthäte; allein es giebt mannigfache Erscheinungen, welche beweisen, dass ein solcher Einfluss bei einem zu einer Spirale gewundenen Leiter stattfindet, wo die einander parallel laufenden Windungen auf einander inducirend wirken, weil ja jede Windung zu den übrigen wie ein geschlossener Leiter zu einem andern sich verhält.

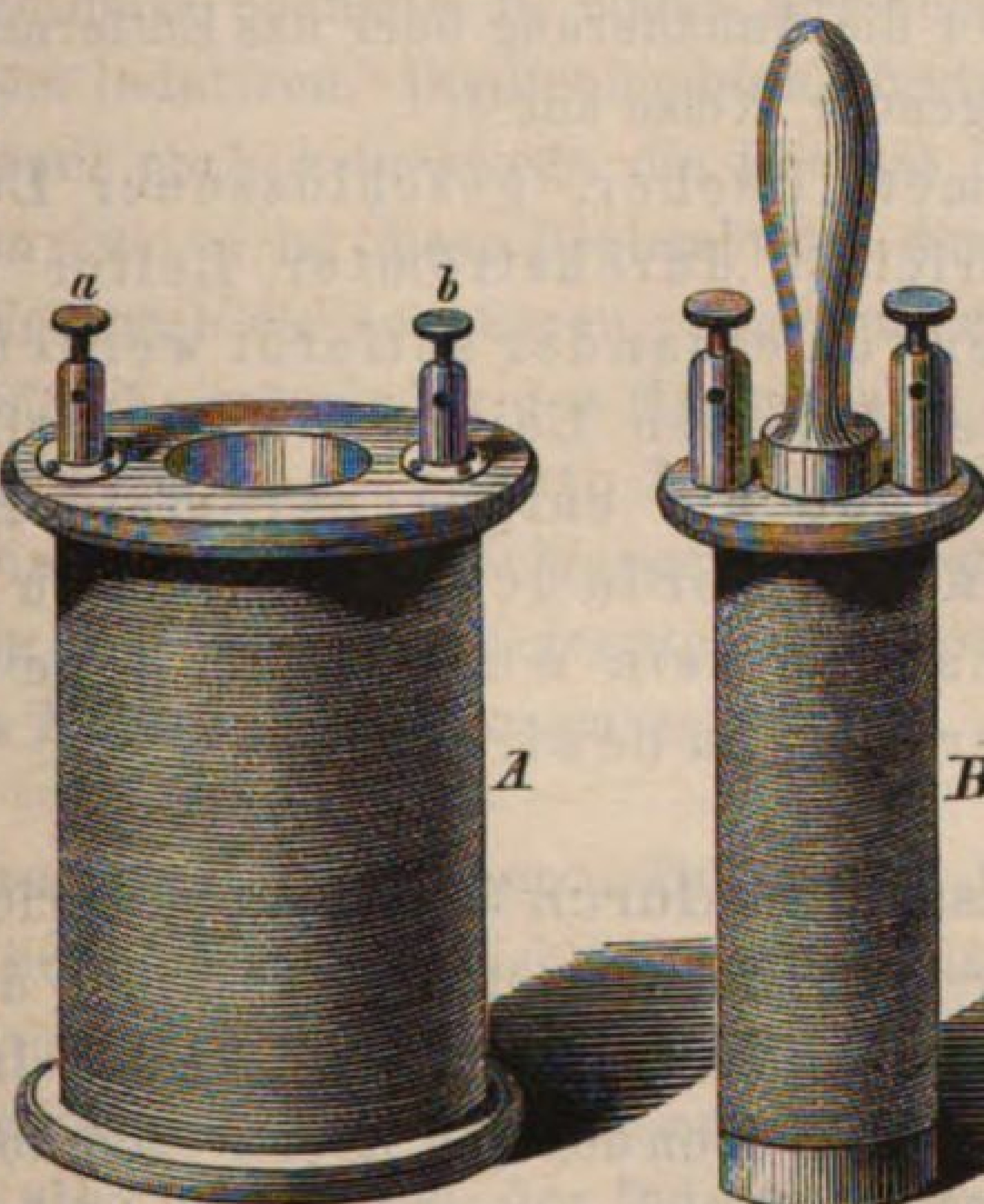
Da beim Entstehen des Stromes der Inductionsstrom dem primären entgegengesetzt ist, und natürlich nicht zwei Ströme zugleich in entgegengesetzter Richtung den Draht durchlaufen, so muss der primäre Strom durch den sekundären im Verhältniss seiner Stärke geschwächt werden, und es kommt daher immer nur die Differenz beider zur Wirkung. Da diese Schwächung nur beim Beginn des Stromes stattfindet, so besteht die Wirkung des Inductionsstromes auf den primären nur darin, dass der primäre nicht plötzlich, sondern erst nach kurzer Zeit seine volle Kraft erhält. Wie beim Beginn, so muss auch beim Aufhören des primären Stromes ein inducirter Strom in derselben Spirale durch Wechselwirkung der Windungen auf einander entstehen, wenn nur die Spirale nach Ausschaltung der Kette noch ausserhalb derselben geschlossen ist. Dieser in demselben Leiter bewirkte Inductionsstrom ist von Faraday Extrastrom, von Andern auch Gegenstrom genannt worden.

Wenn die elektrische Vertheilung die Ursache der Inductionsströme ist, so muss ebenso wie das Entstehen und Aufhören eines Stromes in einem ruhenden Leiter, auch die Annäherung und Entfernung eines durchströmten Leiters Inductionsströme in einem benachbarten, geschlossenen Leiter erzeugen, da ja durch das Nähern und Entfernen

[1]) Neunte Reihe der Experimentaluntersuchungen 1109; Pogg. Ann. 35. pag. 438.

ebenfalls der elektrische Zustand der Umgebung geändert werden muss. In der That zeigt sich dieser Schluss durch die Erfahrung bestätigt. Stellt Fig. 66 *A* eine zu inducirende Inductions-Spirale, und *B* die von einem Strome durchflossene Spirale dar, so zeigt ein mit den Klemmen *a* und *b* verbundener Multiplicator einen bedeutenden Ausschlag, sobald man die Spirale *B* in die in *A* gelassene Oeffnung einführt und einen dem eben erhaltenen entgegengesetzten Ausschlag, wenn diese Spirale wieder

Fig. 66.



entfernt wird. Es übt also Nähern und Entfernen sowie Schliessen und Unterbrechen eines Stromes gleichen Einfluss auf einen benachbarten Leiter.

2. Gesetze der Volta-Induction. Die Beobachtungen haben gelehrt,

1. „dass der in einem geschlossenen Leiter erregte Inductionsstrom der Stärke des primären Stromes proportional ist."

Diese Proportionalität findet sowohl bei der Induction eines fremden Leiters, als auch, wie Edlund gezeigt hat[1]), bei der Einwirkung des Stromes auf seinen eignen Leiter statt.

Ferner fand Edlund den so oft beanstandeten Satz bestätigt:

[1]) Pogg. Ann. 77. pag. 193.

2. „die durch die Einwirkung des Stromes auf sich selbst entstehenden Inductionsströme sind beim Oeffnen und beim Schliessen einer galvanischen Kette gleich gross, wenn die inducirende Stromstärke in beiden Fällen die nämliche ist."

Er bemerkt, dass der Unterschied, der oft wahrgenommen wird, von einer durch die Polarisation in der Säule verursachten Verminderung der inducirenden Stromstärke herrühre.

Das Gesetz über die Annäherung oder das Entfernen eines Stromes drückt Lenz in folgender Weise aus[1]):

3. „Wenn ein metallischer, geschlossener Leiter und ein von Elektricität durchströmter Leiter einander genähert oder von einander entfernt werden, so entsteht in dem metallischen Leiter ein elektrischer Strom, welcher gerade die entgegengesetzte Richtung von demjenigen hat, der in dem metallischen Leiter schon hätte vorhanden sein müssen, um jene Annäherung oder Entfernung zu bewirken."

3. Inductionsströme durch Reibungselektrictät. Es bedarf wohl keiner weiteren Auseinandersetzung, dass der durch Reibungselektricität bewirkte Strom ebenfalls Inductionsströme in benachbarten Leitern zu erregen vermag. Von den von Riess[2]) hierüber aufgestellten Gesetzen heben wir folgende hervor, welche auch gleichzeitig unter den passenden Verhältnissen für die Volta-Induction gelten:

4. Der Hauptstrom, durch den eine gewisse Elektricitätsmenge in bestimmter Zeit entladen wird, erregt einen Nebenstrom, der eine proportionale Elektricitätsmenge in proportionaler Zeit entladet.
5. Die Stromstärke ist direkt proportional der wirksamen Menge des Hauptdrahts und umgekehrt proportional dem Abstande beider Drähte.
6. Der Nebenstrom ist von dem Leitungsvermögen seines Leiters abhängig.
7. Zwei einander parallele Theile des Schliessungsbogens einer Batterie wirken auf einander ein und schwächen den Entladungsstrom, wenn dieser beide Theile in gleicher Richtung durchläuft, und verstärken ihn, wenn die Richtung entgegengesetzt ist.

[1]) Riess, Reibungselektricität II. pag. 266 u. f. [2]) Pogg. Ann. 31. pag. 483.

3. Magneto-Induction. Nach Ampère's Ansichten besteht der Magnetismus darin, dass jedes Eisenmolekül in der Richtung senkrecht auf der Verbindungslinie seiner Pole von einem elektrischen Strome umkreist, und also die Anziehung bewirkt werde durch den Einfluss paralleler und gleichgerichteter Ströme auf einander. Ist diese Vorstellungsweise in der Sache begründet, so folgt daraus mit Nothwendigkeit, dass ein einer Spirale genäherter Magnet dieselbe Wirkung haben muss, wie ein dieser Spirale genähertes System von Kreisströmen, d. h. ein Magnet muss ebenfalls in einem geschlossenen Leiter einen elektrischen Strom induciren. Die Beobachtung bestätigt diesen Schluss, und obgleich damit noch keineswegs die Realität der Ampère'schen Ströme bewiesen ist, so ist diese Beobachtung doch eine Befestigung der Theorie. Die durch die Annäherung oder Entfernung, so wie durch das Entstehen oder Verschwinden des Magnetismus eines Magneten bewirkte Induction nennt man Magneto-Induction. Auf diese Art der Induction gründen sich die Vorrichtungen, mittelst deren man zuerst und auch häufig noch jetzt die Telegraphen in Bewegung gesetzt hat, die sogenannten Magneto-Inductionsmaschinen.

5. Die Gesetze der Magneto-Induction können sich wegen der nach Ampère's Ansicht gleichen Ursache für die Erregung der Ströme nicht wesentlich von den Gesetzen unterscheiden, welche bei der Volta-Induction gelten, und wir müssen daher die von Lenz[1]) aufgestellten Sätze über den Einfluss der Inductionsspiralen auf die Stärke der erzeugten Inductionsströme auch als massgebend für die durch Volta-Induction erhaltenen Ströme betrachten, wie dies auch in der Erfahrung begründet ist.

Um den inducirenden Einfluss des Magneten zu prüfen, mass Lenz die Stärke der in einem geschlossenen Leiter erregten Inductionsströme, wenn dieser Leiter einen Kern aus weichem Eisen als Spirale umgiebt, und ein an diesen Kern gelegter Stahlmagnet von demselben abgerissen wird. Lenz mass also nicht den durch Annähern und Entfernen eines Magneten von der Spirale erregten Strom, sondern er mass den durch das Entstehen oder Verschwinden des Magnetismus des Ankers in der umgebenden Inductionsspirale hervorgerufenen Strom. Dies ist aber nach der Theorie des Entstehens des Magnetismus in einem Eisenkerne gleichbedeutend mit dem Annähern oder Entfernen eines Magneten. Vergegenwärtigen wir uns nun den Einfluss des magnetisirten und ent-

[1]) Pogg. Ann. 34. pag. 385.

magnetisirten Ankers auf die Inductionsspirale, die sich auf der Mitte desselben befinden soll, während er zu beiden Seiten die beiden Pole eines Hufeisens berührt, so liegt die Voraussetzung nahe, dass jede Windung der Spirale mit gleicher Kraft von dem beim Abreissen verschwindenden Magnetismus inducirt werden wird. Ist dies der Fall, so liefert jede Windung eine gleiche Kraft zur Hervorbringung des in der ganzen Spirale entstehenden Inductionsstromes. Diese Kraft einer jeden Windung ist durchaus mit der eines jeden Elementes einer vielpaarigen Batterie zu vergleichen, und Lenz nennt daher diese Kraft die elektromotorische Kraft. Dieselbe folgt ganz, wie die einer galvanischen Säule dem Ohm'schen Gesetz, und es müsste daher die durch sie hervorgerufene Stromstärke immer constant sein bei jeder beliebigen Windungszahl, wenn kein anderer Widerstand als der der Spiralwindungen vorhanden wäre, da ja der Widerstand ebenfalls der Anzahl der Windungen proportional wächst. Ist nun die gemachte Voraussetzung richtig, so muss eine bestimmte Anzahl von Spiralwindungen eine Stromstärke S geben, welche sich ausdrücken lässt durch

$$S = \frac{nE}{L + l + n\lambda}$$

wenn n die Anzahl der Spiralwindungen, E die in einer jeden Windung erregte Kraft, L den Widerstand der Multiplicatorwindungen, l den der Leitungsdrähte und λ den einer jeden einzelnen Windung der Spirale bedeutet.

In der That fand Lenz die beobachteten Kräfte bei Anwendung verschiedener Windungszahlen mit den nach dieser Formel berechneten Werthen übereinstimmend, woraus denn folgt:

1. „Die elektromotorische Kraft, welche ein Magnet unter übrigens gleichen Bedingungen in einer Spirale erregt, ist der Anzahl der Windungen derselben direkt proportional.“

Nach derselben Methode fand Lenz ferner:

2. „Die elektromotorische Kraft, welche der Magnet in den ihn umgebenden Spiralen erregt, ist bei jeder Grösse der Windungen dieselbe.“

Wir sehen hier eine Analogie mit der bei den Elektromagneten beobachteten Erscheinung, dass die Weite der Windungen ohne Einfluss ist. Es lässt sich dies daraus erklären, dass der inducirende Einfluss im geraden Verhältniss wie die Entfernung ab-, die Anzahl der inducirten Theile aber in demselben Verhältniss zunimmt. Aus demselben Satze folgt nun aber,

„dass der in verschiedenen Drahtringen hervorgebrachte inducirte Strom sich umgekehrt wie die Weite der Ringe verhalten muss,"

da ja der Widerstand ebenfalls den Drahtringen proportional wächst.

3. „Die durch den Magneten in der Spirale hervorgerufene elektromotorische Kraft ist für jede Dicke der Drähte dieselbe."

Hieraus ergiebt sich für den erregten Inductionsstrom, dass derselbe dem Querschnitte der Drähte proportional sein müsse; denn die elektromotorische Kraft bleibt dieselbe, der Leitungswiderstand nimmt aber umgekehrt wie die Querschnitte zu, folglich nehmen die elektrischen Ströme, oder die Quotienten der elektromotorischen Kraft dividirt durch die Leitungswiderstände, im Verhältniss der Querschnitte zu.

4. „Die elektromotorische Kraft, welche der Magnet in Spiralen aus Drähten von verschiedenen Substanzen erregt, ist für alle diese Substanzen vollkommen gleich;" woraus denn aus den eben angegebenen Gründen folgt, dass die Inductionsströme in verschiedenen Spiralen sich wie das Leitungsvermögen derselben verhalten müssen.

Lenz hat ferner untersucht, in welchem Verhältniss die Form der Spirale zu der Stärke des Inductionsstromes bei einem Eisenkern steht, welcher als Anker an einen Magneten gelegt wird.

Wir haben nämlich aus den vorhergehenden Untersuchungen gesehen, dass der elektrische Strom, den eine Windung der Inductionsspirale hervorruft, dem gleich sein würde, den eine beliebige Anzahl von nebeneinander liegenden Windungen bewirkt, wenn keine Zuleitungsdrähte vorhanden wären. Da aber diese stets vorhanden sein müssen, so vergrössert jede Vermehrung der auf dem Anker neben einander liegenden Spiralwindungen die Stärke des Inductionsstromes. Hiernach würde dieser nur das Maximum erreichen, wenn man unzählige Windungen neben einander auf den Kern bringen könnte. Die Zahl der auf dem Kern neben einander legbaren Windungen ist aber, wie man einsieht, durch die Länge des Kernes bedingt. Will man eine grössere Windungszahl anwenden, so muss diese über der ersten liegen, und der zu verwendende Draht länger sein, als der der untern Spirale. Dadurch wird aber sein Leitungswiderstand auch grösser, und mithin der elektrische Strom geschwächt.

Nennen wir die elektromotorische Kraft φ, den Leitungswiderstand der ersten Spirale α und den der Leitungsdrähte β, so erhalten wir als Ausdruck der Stärke des Inductionsstromes S:

$$S = \frac{\varphi}{\alpha + \beta}.$$

Kommt nun eine zweite Reihe von Spiralwindungen hinzu, in der wir das Stück, um welches sie wegen ihres grösseren Durchmesser länger ist als die erste, γ nennen, so ergiebt sich als Ausdruck der nun vorhandenen Stromstärke $S_{\prime}$:

$$S_{\prime} = \frac{2\varphi}{2\alpha + \gamma + \beta}.$$

Ist nun durch die zweite Windungsreihe der Strom nicht stärker geworden, als er bei der ersten Reihe war, so ist

$$\frac{\varphi}{\alpha + \beta} = \frac{2\varphi}{2\alpha + \gamma + \beta}.$$

Findet dies statt, so ist $\beta = \gamma$, d. h. für den Fall, dass die Zuleitungsdrähte so lang sind, als der Unterschied der Länge des Drahtes beider Spirallagen, so tritt durch die zweite Windungsreihe keine Verstärkung des Stromes ein. Eine dritte Lage würde für diesen Fall den Strom schwächen.

In gleicher Weise findet man, dass, wenn drei Reihen keine stärkere Wirkung haben sollen als zwei,

$$\delta = {}^1/_2 (\gamma + \beta),$$

wenn δ den Ueberschuss der Länge der dritten Reihe über die der ersten bedeutet. So sehen wir also, dass bei Vermehrung der über einander liegenden Spiralwindungen in jedem Falle ein Maximum eintritt, und dass dies um so später eintritt, je länger die Zuleitungsdrähte sind.

Bei der allgemeinen Behandlung dieser Aufgabe fand Lenz folgende Sätze:

5. Das Maximum der Wirkung des Magneten auf die Inductionsspirale wird für jede Dicke des Drahtes bei derselben Anzahl der Windungsreihen erreicht.

6. Je länger die Zuleitungsdrähte sind, um so mehr Reihen von Windungen sind erforderlich, um das Maximum der Stromstärke zu erreichen.

7. Je mehr Windungen auf dem Anker neben einander gelegt werden können, um so weniger Reihen von Windungen sind erforderlich, um das Maximum der Stromstärke zu erreichen.

8. Das Maximum des Inductionsstromes ist der Kraft des Magneten proportional.
9. Das Maximum des Inductionsstromes wächst mit dem Durchmesser des inducirten Drahtes.
10. Das Maximum wird um so kleiner, je weiter die innerste Windungsreihe bei gleichem Kern ist.
11. Das Maximum ist um so kleiner, je grösser die freien Verbindungsenden der Spirale sind.
12. Das Maximum wächst mit der Anzahl der Windungen, welche neben einander liegen.

6. Die Magneto-Inductionsmaschinen. Pixii war der Erste[1]), welcher auf die inducirende Wirkung eines dem Magneten genäherten und wieder von ihm entfernten Ankers die Construction einer Maschine gründete, bei der ein um eine Axe rotirender Stahlmagnet sich vor den Polen eines Hufeisens aus weichem Eisen vorbei bewegte, dessen Schenkel Inductionsrollen trugen.

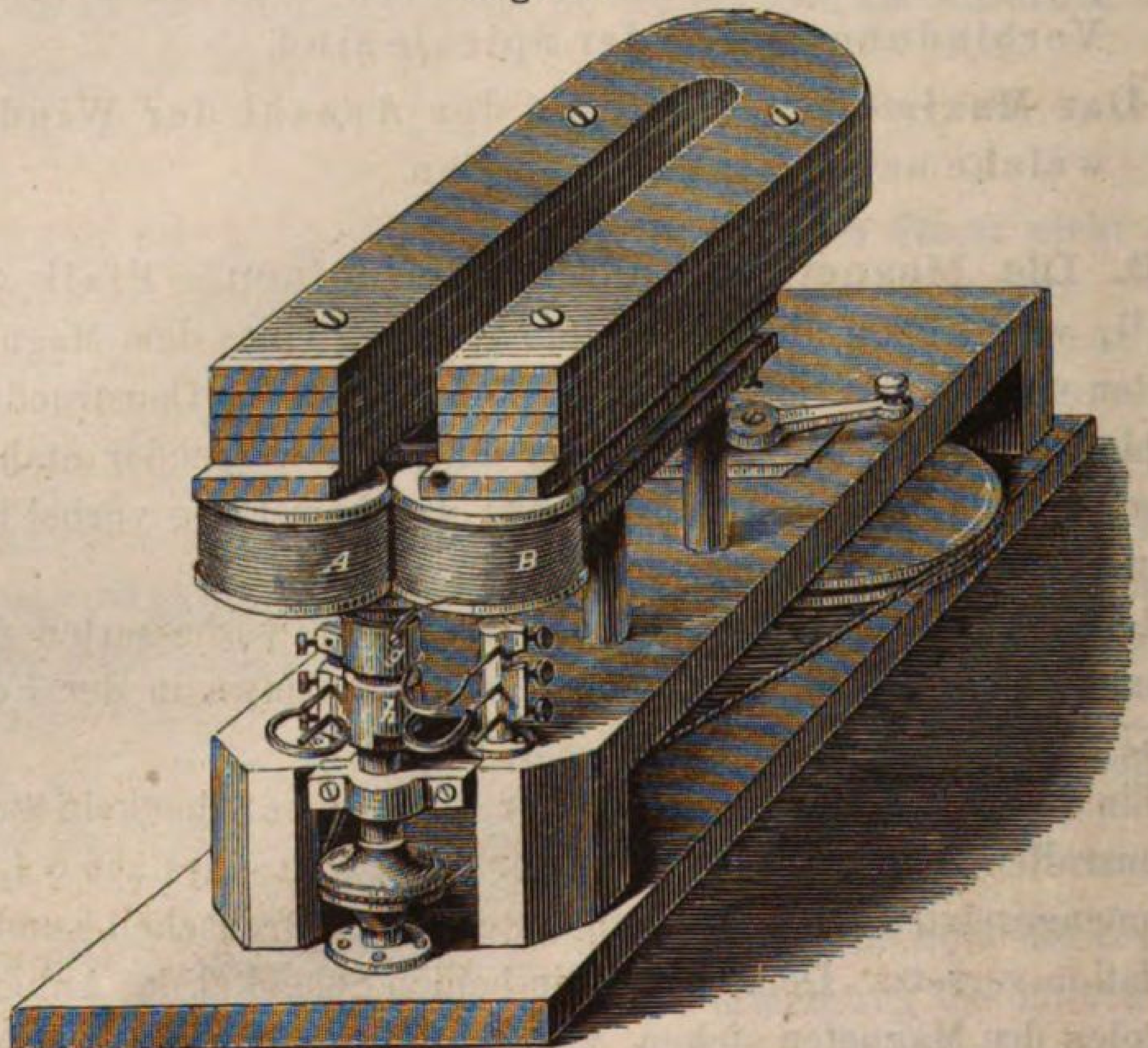
1. Saxton, Starke und Ettinghausen verbesserten die Einrichtung dieser Maschine. Letzterer stellte sie etwa in der Form der Fig. 67 her[2]).

Ein hufeisenförmiger Anker, der auf seinen Schenkeln starke Inductionsrollen A und B trägt, wird vor den Polen eines aus 5 Lamellen zusammengesetzten Stahlmagneten mittelst einer Drehscheibe und Schnur in Rotation versetzt. Denken wir die beiden Schenkel des Ankers unter den Polen des Magneten stehen, wie die Figur zeigt, und beginnen nun die Umdrehung, so entfernen sich beide Schenkel von den Polen, und es entsteht in jeder Drahtrolle durch das Verschwinden des Magnetismus im Anker ein Strom, welcher den Ampère'schen Strömen im Stahlmagneten gleichgerichtet ist. Die Ströme beider Rollen haben also entgegengesetzte Richtung. Dies Abnehmen des Magnetismus dauert fort, bis sich die Ankerschenkel auf halbem Wege zwischen den beiden Magnetpolen befinden, d. h. bis sie einen Quadranten ihrer Bahn durchlaufen haben. Von hier ab kehrt sich der Magnetismus in dem Anker um, und es findet nun ein Zunehmen des Magnetismus statt, bis die Schenkel wieder vor den entgegengesetzten Magnetpolen stehen. Da nun die Annäherung an den Magneten einen Strom erzeugt, der dem beim Entfernen entgegengesetzt ist, so muss der Strom, welcher im zweiten

[1]) Pogg. Ann. 27 pag. 390. [2]) Ebendaselbst.

Quadranten erzeugt wird, dem des ersten Quadranten gleichgerichtet sein, denn es wird zu gleicher Zeit der Magnetismus und der durch ihn inducirte Strom ein entgegengesetzter. Bei der weiteren Drehung durch den dritten und vierten Qadranten ist der Strom in beiden Rollen dem früheren entgegengesetzt, weil hier die bisherige Annäherung sich in ein Entfernen verwandelt, ohne dass gleichzeitig der Magnetismus umgekehrt würde.

Fig. 67.



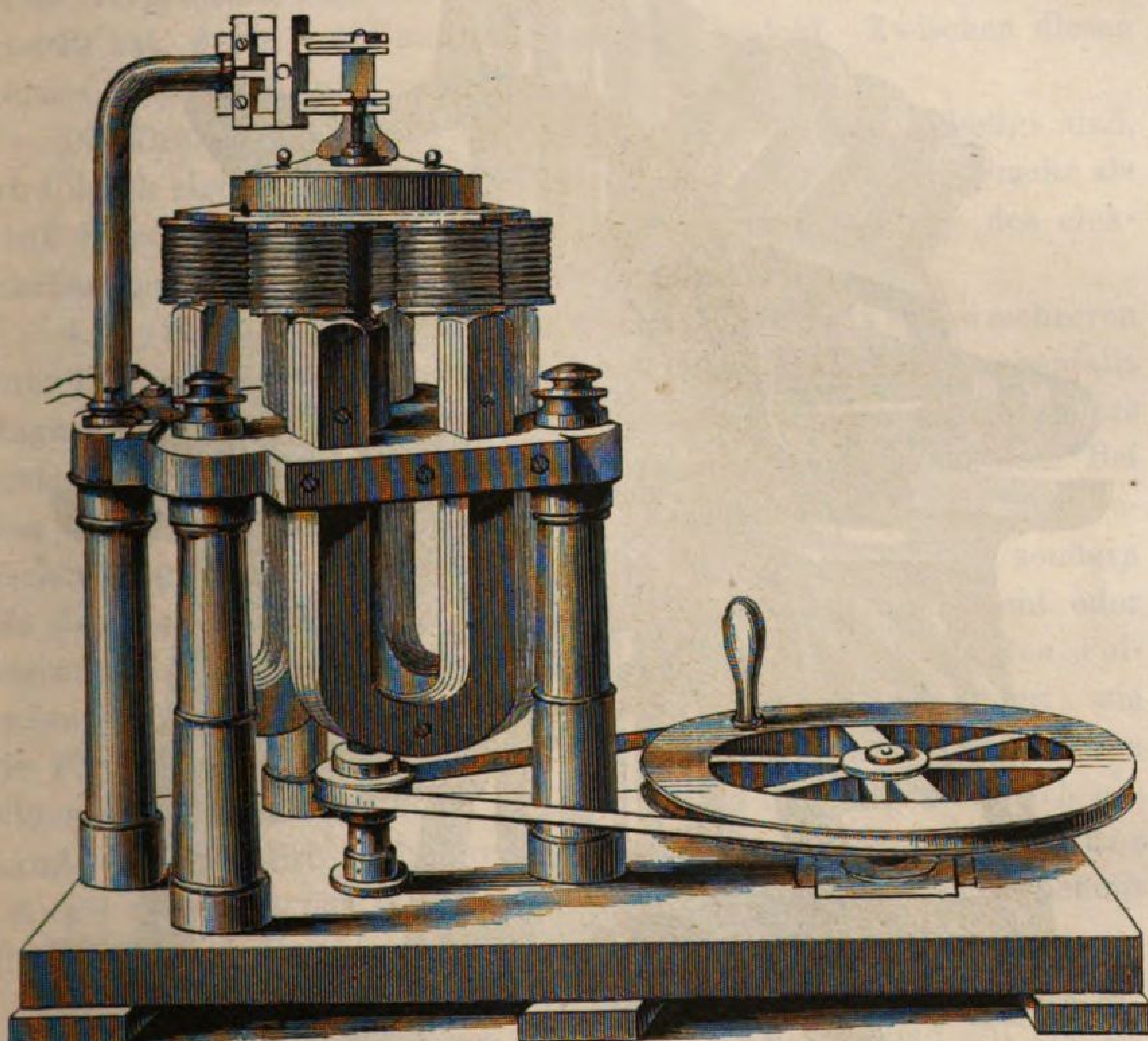
Mittelst der Vorrichtung *g* und *h* am obern Ende der Rotationsaxe, dem Commutator, kann man die Ströme beider Inductionsrollen, welche in die Federn austreten und von hier aus weiter geleitet werden, so vereinigen, dass sie entweder in ihrer ursprünglichen, also in entgegengesetzter Richtung, oder gleichgerichtet, hinter einander den unter den Klemmschrauben des Commutators einzuschaltenden Leiter durchströmen. Durch ein auf den Magneten aufgelegtes Eisenstück, welches die beiden Schenkel als Anker verbindet, lässt sich der Magnetismus derselben, und dadurch der in den Rollen erregte Inductionsstrom beliebig schwächen, je nachdem man diesen Anker den vorderen Polflächen nähert, oder ihn nach hinten zurückschiebt.

Bei der ursprünglich von Saxton construirten Maschine bewegen sich die Inductionsrollen vor den Magnetpolen, doch wird behauptet,

dass eine Einrichtung der vorliegenden Art grössere Kraft äussere als jene.

2. In neuerer Zeit ist von Stöhrer eine sehr kräftige Maschine in Form der Fig. 68 construirt, bei der die 6 Pole dreier Hufeisen aus je fünf Lamellen in einer Ebene liegen, und eine solche Stellung zu einander einnehmen, dass die Linien, welche die zunächst liegenden Pole

Fig. 68.



mit einander verbinden, ein reguläres Sechseck bilden. Die auf 6 Eisencylindern gleichmässig vertheilten Inductionsspiralen können auf vier verschiedene Arten unter einander verbunden werden, nämlich:

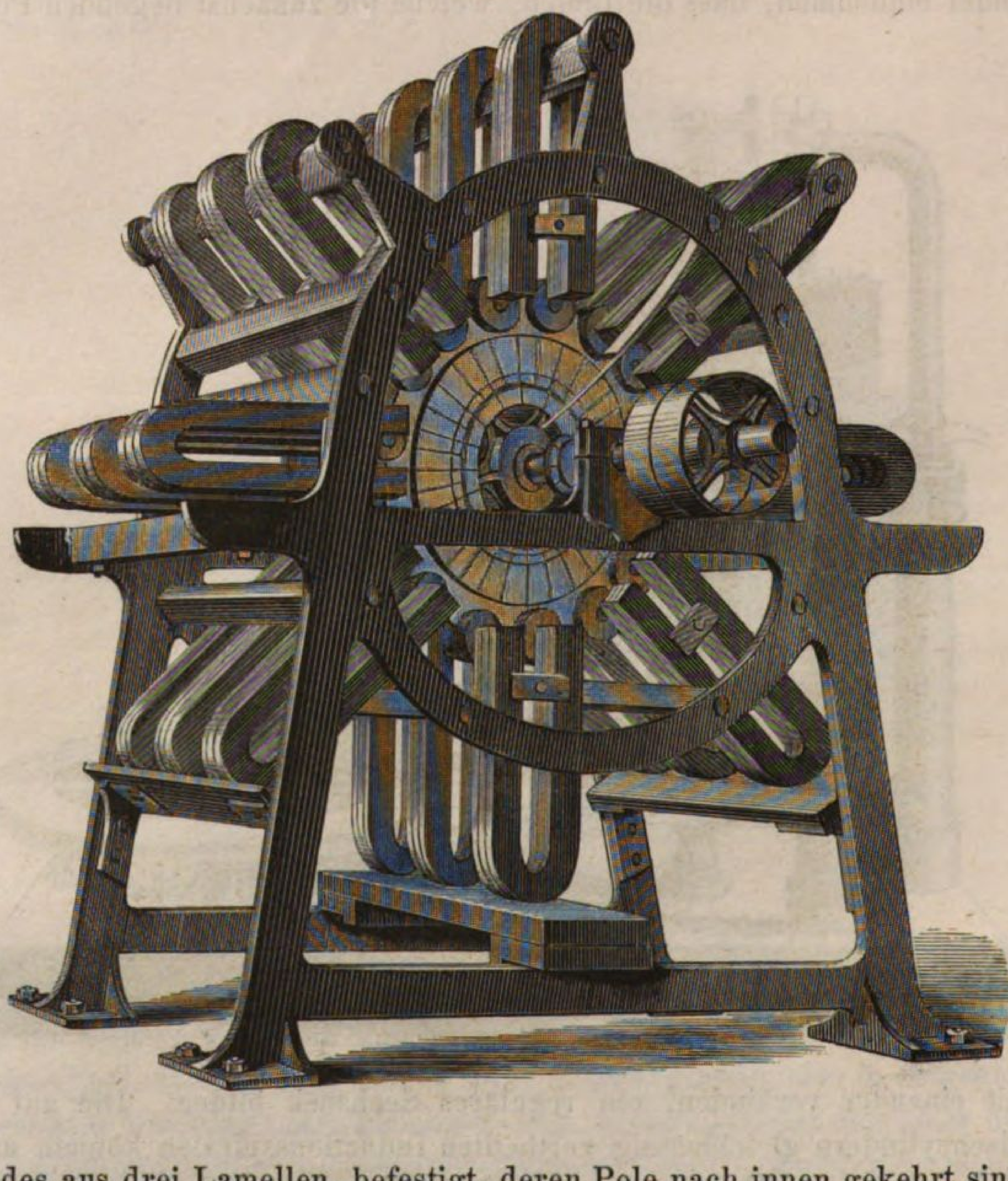
1. Alle Spiralen neben einander zu einer sechsfachen Parallelkette,
2. je 3 neben einander und 2 hinter einander,
3. je 2 „ „ „ 3 „ „
4. alle sechs hinter einander, so dass der Draht ein fortlaufendes Ganzes bildet.

3. Die kräftigste Maschine, welche man bis jetzt construirt hat, ist wohl unzweifelhaft die in Paris zur elektrischen Beleuchtung in An-

wendung gekommene. Dieselbe besteht aus 6 gesonderten Maschinen, deren eine die Fig. 69 darstellt.

Von einem eisernen Gestell getragen, sind auf acht in einem Kreise liegenden Querbalken je drei hufeisenförmige magnetische Magazine,

Fig. 69.



jedes aus drei Lamellen, befestigt, deren Pole nach innen gekehrt sind. Auf einer Axe in der Mitte der acht Reihen von Magneten sind eiserne Cylinder parallel der Axe befestigt, so dass sich immer zwischen je zwei neben einander stehenden Magnetpolen ein Eisencylinder befindet. Diese Eisencylinder, 32 an der Zahl, sind mit Inductionsspiralen bedeckt, in denen bei der Drehung der Axe durch den Riemen einer Dampfmaschine dadurch Inductionsströme erregt werden, dass die sich zwischen den Magneten hinbewegenden Eisenkerne von einem zum anderen Magneten

stets ihre Pole wechseln müssen. Die Drähte der 32 Spiralen sind so unter einander verbunden, dass die durch die Rotation erzeugten Inductionsströme alle einzelnen Spiralen in derselben Richtung nach einander durchlaufen und in zwei starken Metallfedern endigen, die auf zwei von einander isolirten Hülsen schleifen, von denen aus dann die so erzeugten Ströme weiter geleitet werden.

In neuester Zeit hat man die Maschinen dieser Art noch in der Weise vergrössert, dass man statt drei, fünf Hufeisen neben einander gestellt hat, deren jedes aus fünf Lamellen besteht. Zwischen diesen können alsdann 64 Spiralen rotiren.

Die Drehung der Axe, an der diese 64 Spiralen befestigt sind, wird durch eine Dampfmaschine bewirkt, und erfordert etwas mehr als eine Pferdekraft. Man hat diese Maschine zur Erzeugung des elektrischen Lichtes zwischen Kohlenspitzen benutzt[1]).

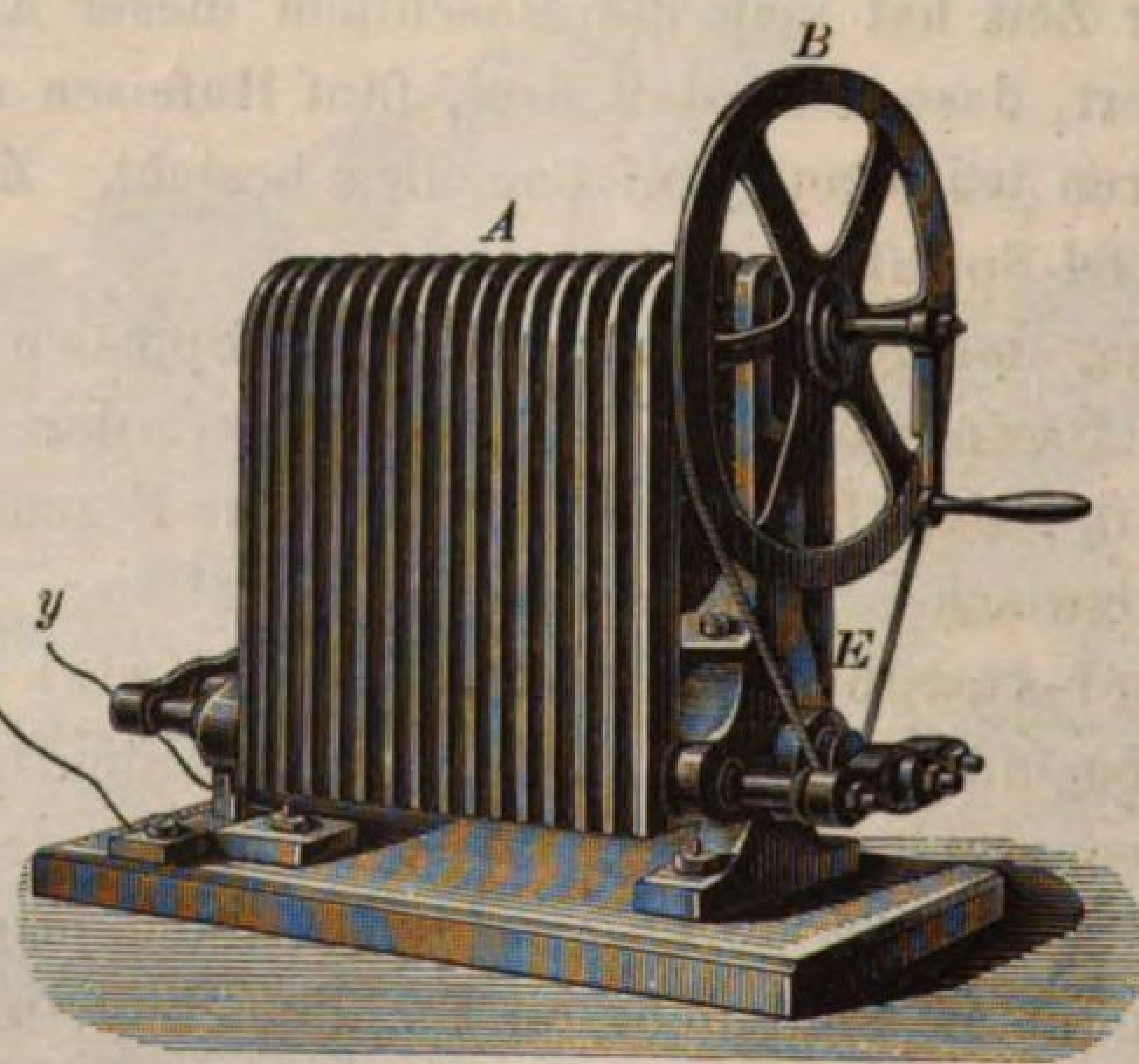
4. Cylinder-Inductor von Siemens und Halske. Bei mehreren ihrer Telegrapheneinrichtungen wenden Siemens und Halske ebenfalls Magnetinductionsmaschinen an, bei denen besonders der Anker anders gestaltet ist, als bei den bisher besprochenen Inductionsmaschinen. Bei dem Cylinder-Inductor sind nicht die Stahllamellen zu einem magnetischen Magazin der gewöhnlichen Art an einander geschraubt, sondern die das Magazin bildenden Lamellen stehen parallel senkrecht oder horizontal neben- oder über einander und haben zwischen den Polenden in der Ebene der Lamellen einen kreisförmigen Ausschnitt, wie die Fig. 70 zeigt. Diese Ausschnitte der parallel liegenden Lamellen bilden ein cylindrisches Rohr, in dem der erwähnte eigenthümlich geformte Anker rotirt. Die Form dieses Ankers zeigt, wenn er der Länge nach mit der Inductionsspirale bewickelt ist, im Querschnitt die Fig. 71.

Der Theil *c d* dieses Querschnitts besteht aus weichem Eisen, und die das Ganze zu einem Kreise ergänzenden Lücken sind mit der Inductionsspirale ausgefüllt, die also den Ankerkern seiner ganzen Länge nach umgiebt. Lässt man diesen Anker rotiren, so werden die beiden cylindrischen Abschnitte *c* und *d* Fig. 71 abwechselnd nord- und südmagnetisch und induciren in der umwickelten Spirale einen Inductionsstrom, welcher in der Weise wie bei den anderen Maschinen mittelst eines geeigneten Commutators und schleifender Federn in gleiche Richtung und nach festen Punkten geleitet wird, von denen aus er zu irgend welcher geeigneten Kraftäusserung verwendet werden kann.

[1]) Siehe Abschnitt X. § 1. No. 7.

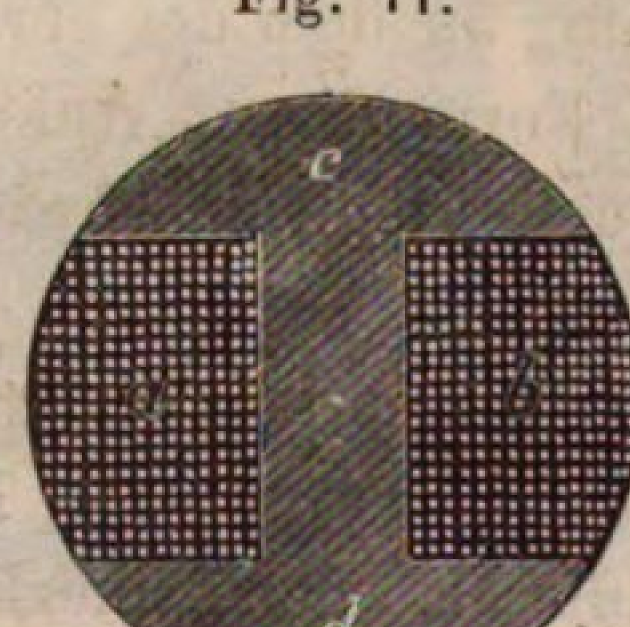
5. Dynamoelektrische Maschine von Siemens[1]). Dasselbe Princip wendet Siemens noch bei einer anderen Einrichtung an, wenn es nämlich darauf ankommt momentan einen sehr starken Strom, wie z. B. zum Sprengen von Minen oder dgl. zu benutzen. Denken wir uns

Fig. 70.



statt der Stahllamellen einen einfachen Eisenkern angewandt. Derselbe ist immer magnetisch, wenigstens ist es mir bei meinen mannigfachen Versuchen nie vorgekommen, dass ich einen Stab aus weichem Eisen

Fig. 71.



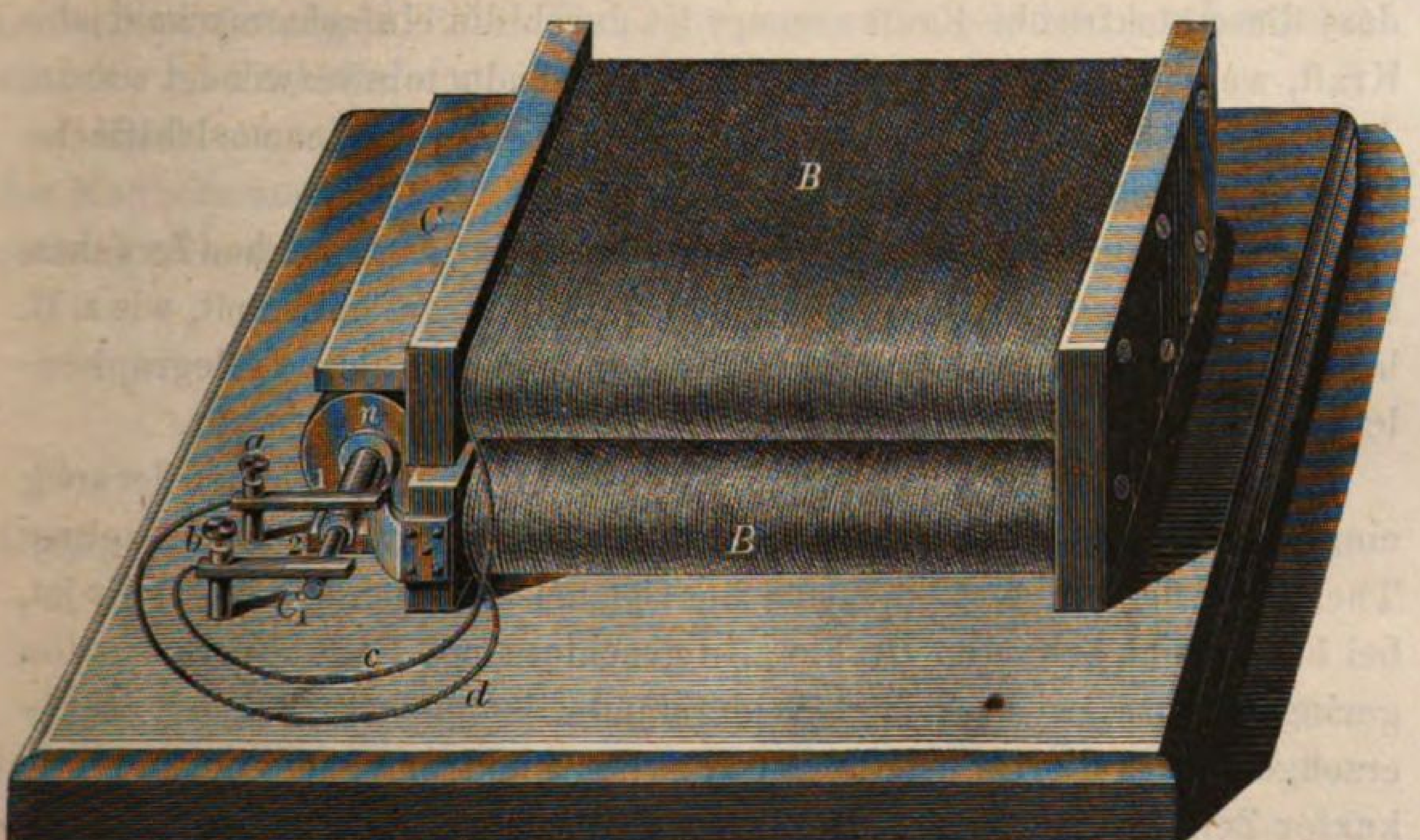
ohne Magnetismus gefunden hätte. Es haben zwar manche Physiker von noch unmagnetisirten — jungfräulichen — Magnetkernen gesprochen und in Bezug darauf Theorien entwickelt, als ob solche Stäbe auch ohne Magnetismus wären und andere Erscheinungen zeigen müssten, als bereits magnetisirte Kerne; aber — mir sind keine Stäbe der Art vorgekommen, obgleich ich einmal bemüht gewesen bin, mir derartige her-

[1]) Brix Journ. XIV pag. 16.

zustellen, oder anfertigen zu lassen. Es liegt aber auch in der Natur der Sache, da es nicht absolut weiches Eisen giebt, welches nicht remanenten Magnetismus bekäme. Da es nun einen Magnetismus der Lage giebt, da, mit anderen Worten, ein unmagnetischer Eisenstab beim Stossen oder Schlagen durch den Erdmagnetismus allein magnetisch wird, so ist klar einzusehen, dass man einen irgend wie gefertigten Stab nicht bekommen kann, der nicht schon einmal Stösse erhalten hätte, während er nicht sich genau in der süd-westlichen Lage unter der bestimmten Neigung gegen den Meridian befunden hätte, in der Eisen durch den Erdmagnetismus magnetisch wird. War aber dies bei der Herstellung des Stabes der Fall, so ist er bereits magnetisirt, und so habe ich alles Eisen gefunden, welches ich zum Experiment verwendet habe.

Hierauf gründet sich nun die Verwendung von Elektromagneten zu Inductionsmaschinen. Siemens gab auf Grund seines Cylinder-Inductors dem zu diesem Zwecke gefertigten Elektromagneten die Form, welche Fig 72 zeigt. Zwei flache Platten aus weichem Eisen, von 10^{cm}

Fig. 72.



Dicke, 50^{cm} Breite und 60^{cm} Länge wurden zu einem ihrer Breite nach mit elektromagnetischen Spiralwindungen umwundenen Hufeisen geformt, so dass das Querstück rechts sie verband. Dies stellt die Fig. 72 dar. *BB* sind die mit der Spirale umwundenen Schenkel, *CC* die beiden freien Pole des Kernes. Zwischen diesen Polen rotirt nun der Cylinder-Inductor, wie bei der vorigen Maschine zwischen den Stahllamellen.

Ist dieser grosse Elektromagnet nicht anders magnetisirt, als durch das Minimum von Magnetismus, welches er überhaupt während seiner Anfertigung erhalten hat, so genügt dies doch, dem rotirenden Kern des Inductors etwas Magnetismus mitzutheilen, und dieser muss in seinen Windungen einen Inductionsstrom erzeugen. Sind nun die Enden dieser Spirale durch Commutator und Schleiffedern in der richtigen vorher erwähnten Weise nach festen Punkten geleitet, so dass sie gleichgerichtete Ströme liefern, und sind, wie die Figur zeigt, die Enden der Elektromagnetspirale durch Klemmschrauben mit diesen festen Punkten verbunden; so muss der entstehende Inductionsstrom durch die elektromagnetische Spirale fliessen und den Kern stärker magnetisiren, als er zuvor magnetisch war. Dann aber inducirt dieser auch wieder einen stärkeren Magnetismus in dem Anker und dieser erregt einen stärkeren Inductionsstrom, welcher wieder den Magneten verstärkt.

Wenngleich man nun hierdurch nicht eine Wirkung erhält, welche sich ins Unendliche steigert, so wird doch auf diesem Wege eine ganz erhebliche Wirkung erzeugt, welche in der Kraft des Eisens Magnetismus anzunehmen und zu induciren ihre Grenzen findet. Man sieht ein, dass diese elektrische Kraft erzeugt ist durch die einfache mechanische Kraft, welche zur schnellen Umdrehung des Inductors verwendet wurde. Aus diesem Grunde hat Siemens diesen Apparat die „dynamoelektrische Maschine" genannt.

Wie schon bemerkt, kann man diesen Apparat zu solchen Zwecken benutzen, wo es auf einen plötzlichen, starken Strom ankommt, wie z. B. beim Sprengen von Minen, zum Zeichengeben mittelst Telegraphenleitungen, Aushebung von Läutewerken und dgl.

W. Siemens sagt über diese Maschinen: „Mit Hülfe einer derartig eingerichteten Maschine kann man, wenn die Verhältnisse der einzelnen Theile richtig bestimmt sind, und der Commutator richtig eingestellt ist, bei hinlänglich schneller Drehung in geschlossenen Leitungskreisen von geringem ausserwesentlichem Widerstande Ströme von solcher Stärke erzeugen, dass die Umwindungsdrähte der Elektromagnete durch sie in kurzer Zeit bis zu einer Temperatur erwärmt werden, bei welcher die Umspinnung der Drähte verkohlt".

„Während die Leistung der magnetoelektrischen Inductoren nicht in gleichem Verhältnisse mit der Vergrösserung ihrer Dimensionen zunimmt, findet bei der beschriebenen Einrichtung das umgekehrte Verhältniss statt. — Der Technik sind gegenwärtig die Mittel gegeben, elektrische Ströme von unbegrenzter Stärke auf billige und bequeme Weise überall da zu erzeugen, wo Arbeitskraft disponibel ist. Diese

Thatsache wird auf mehreren Gebieten derselben von wesentlicher Bedeutung werden."

Wenn es hier wörtlich zu nehmen ist, dass die Kraft in grösserem Verhältniss als die Dimensionen wächst, so kann dies nur für solche Fälle Geltung haben, wo bei den kleineren Dimensionen Sättigung eher eintritt, als bei den grösseren. Denn da der Inductionsstrom nach Lenz dem Magnetismus des inducirenden Eisens proportional wächst, und da ausserdem der Magnetismus ebenfalls dem Strome proportional zunimmt, da ferner dieser Magnetismus den Dimensionen des Eisenkernes proportional wächst; so kann eine Zunahme der Kraft noch über diese Grenzen hinaus eben nur dann stattfinden, wenn bei dem Apparat von kleineren Dimensionen der Magnetismus eher Sättigung zeigte, als bei dem von grösseren, denn ich habe gezeigt, dass das Hervortreten dieser Sättigung nicht in geradem Verhältniss zu diesen Dimensionen steht.

In Bezug auf die mechanische Kraft, welche zur Drehung des Inductors erforderlich ist, will ich nur noch bemerken, dass sie sehr erheblich genannt werden muss im Verhältniss zu der Anziehung und den Inductionswirkungen, die dadurch hervorgerufen werden; auch wächst dieselbe im Verhältniss zu jener.

Wir kommen nun zur Besprechung des Entstehens und Verschwindens des Magnetismus im Eisen, dessen bei den vorangegangenen Auseinandersetzungen bereits häufig Erwähnung geschehen ist.

§ 5.

Ueber die zum Entstehen und Verschwinden des Elektromagnetismus nöthige Zeit.

1. **Das Verschwinden des Magnetismus in einem geschlossenen Magneten.** Die Vortheile, welche bis jetzt die Anwendung des Elektromagnetismus dem praktischen Leben, wie der Wissenschaft gewährt, beruhen in der Art, wie man denselben zu erregen im Stande ist. Es kann dies sowohl auf beliebig grosse Entfernungen, als auch mit einer Geschwindigkeit geschehen, welche der Entstehung der Gedanken gleichkommt, zu deren Verbreitung er dient.

Diese Geschwindigkeit ist wiederum durch zwei Umstände bedingt, nämlich durch die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des elektrischen Stromes und durch die Geschwindigkeit, mit der der Eisenkern

seine Kraft entwickelt, sobald er von dem elektrischen Strom erregt wird. Beide Punkte erfordern in theoretischer Beziehung die sorgfältigste Beachtung, weil durch sie besonders der Werth der Anwendung dieser Kraft bedingt wird. In dem vorliegenden Abschnitt ist die Besprechung des zweiten Punktes nothwendig, an die wir erst hier nach Erwähnung der Inductionserscheinungen gehen können, weil eben dieser Aufschluss über die Verzögerung des Eintretens der elektromagnetischen Wirkung geben.

Dass der Magnetismus nicht augenblicklich eintritt, wurde zuerst, wie das natürlich ist, unter den Bedingungen beobachtet, bei denen die stattfindende Verzögerung am grössten ist, nämlich bei geschlossenen d. h. mit einem Anker versehenen Hufeisenmagneten. Magnus suchte hierüber zuerst einen Aufschluss auf experimentellem Wege[1]).

Am leichtesten lässt sich die Verzögerung des Verschwindens des Magnetismus beobachten. Um zu zeigen, dass der Magnetismus in der That erst allmählig verschwindet, wenn man den Strom unterbricht, schaltete Magnus in den Schliessungsdraht der Säule einen Multiplicator ein. Wurde dann, wenn der Anker das Hufeisen schloss, der Strom unterbrochen und der Kreis ohne die Säule geschlossen, so kehrte die Nadel nur ganz allmälig in ihre Ruhelage zurück, und zwar so langsam, dass nach der verschiedenen Stärke des Magnetismus 20 bis 70 Sekunden vergingen.

Es war also auch ohne die Batterie ein Strom in dem um den Kern gewundenen Drahte, der keine andere Ursache haben konnte, als dass er durch den verschwindenden Magnetismus in demselben inducirt wurde.

Das Verschwinden des Magnetismus und der dadurch erregte Inductionsstrom üben aber, wie man leicht einsieht, eine Wechselwirkung auf einander. Denn wenn beim Abnehmen des Magnetismus ein Inductionsstrom entsteht, so ist dieser dem magnetisirenden, primären Strome gleichgerichtet, er muss also auch magnetisirend wirken; und wenn der Inductionsstrom gleiche Kraft wie der primäre hätte, so müsste sich dadurch der Magnetismus vollständig erhalten, es würde intermittirend immer wieder ein gleich starker Magnetismus erzeugt werden.

Als Beweis, dass hier in der That Inductionsströme thätig sind, dient besonders noch die von Magnus gemachte Beobachtung, dass das Verschwinden um so langsamer von Statten ging, je mehr Windungen den Kern umgaben. Da nämlich in jeder Windung dieselbe elektromo-

[1]) Pogg. Ann. 38 pag. 427 u. f.

torische Kraft erzeugt wird, so muss der Inductionsstrom um so stärker sein, je mehr Windungen vorhanden sind, er muss also auch um so mehr von dem verschwindenden Magnetismus wiedererzeugen.

2. Das Schliessen des Magneten. Magnus theilt ausser dem eben Gesagten auch die Beobachtung mit, dass das langsame Verschwinden des Magnetismus dann auftrete, wenn der Magnet geschlossen ist, während die Nadel des Multiplicators augenblicklich in ihre Ruhelage zurückkehre, wenn kein Anker an dem Magneten ist. Wenn nun zwar wie die neueren Untersuchungen gelehrt haben, auch zum Verschwinden des Magnetismus aus einem offenen Magneten eine Zeit erforderlich ist, so ist dieselbe doch gegen die andere nur sehr klein. Dies hat seinen Grund darin, dass durch das Anlegen des Ankers eine bedeutende Menge von Magnetismus neu erzeugt wird, was sich ebenfalls durch einen Inductionsstrom anzeigt. Diese Vermehrung des Magnetismus durch Anlegen des Ankers ist so bedeutend, dass unter Anderem Magnus ein Gewicht von 140 Pfd. an einen Anker hängen konnte, wenn er die beiden Pole eines Hufeisens verband, während dieser Anker von jedem einzelnen Pole höchstens mit einer Kraft von 2 Pfd. gehalten wurde! —

Es wird also durch das Anlegen des Ankers eine grosse Menge Magnetismus erregt. Wenngleich nun nach Unterbrechung des Stromes dieser Magnetismus nicht ganz verschwindet, so verschwindet doch ein Theil desselben. Es ist aber klar, dass der inducirende Einfluss um so grösser sein muss, je grösser die Menge des verschwindenden Magnetismus ist. Wenn also z. B. Magnus einen offenen Magneten hatte, der an jedem Polende 2 Pfd. trug, und nun den Strom öffnete, so ist klar, dass der durch das Verschwinden dieser Menge Magnetismus erregte Inductionsstrom sehr unbedeutend sein musste gegen den Inductionsstrom, der erzeugt wurde, als der Strom geöffnet wurde, und der angelegte Anker so bedeutenden Magnetismus erzeugt hatte. Der nun verschwindende Magnetismus ist viel grösser, erzeugt also auch auf's Neue wieder grösseren Magnetismus, und das Spiel der Wechselwirkung muss nun viel länger dauern als zuvor.

3. Das Entstehen des Magnetismus. Aus der Art, wie die Verzögerung beobachtet ist, wird klar, dass dieselbe Methode nicht beim Entstehen des Magnetismus angewandt werden kann, weil der in Thätigkeit befindliche Strom die durch die Induction bewirkte Abnahme nicht deutlich erkennen lässt. Dies ist deshalb noch um so mehr unmöglich,

als ja überhaupt beim Schliessen des Stromes schon an und für sich der Extrastrom entsteht.

Da jedoch der Inductionsstrom einen verzögernden Einfluss auf die Magnetisirung üben muss, so leuchtet ein, dass beim Entstehen die Verzögerung nicht nur in demselben, sondern sogar in höherem Grade stattfinden muss, als beim Verschwinden des Magnetismus. Denn während beim Verschwinden durch die Unterbrechung des Stromes auch der Extrastrom sogleich verschwindet, ist derselbe beim Schliessen der Batterie ungestört vorhanden, es wird also in diesem Falle das vollständige Zustandekommen des Magnetismus durch einen Inductionsstrom verhindert, welcher zwei Ursachen hat. Erstens verhindert der Extrastrom Anfangs die vollständige Wirkung des primären Stromes, und zweitens wird dieser Gegenstrom noch verstärkt durch den Magneto-Inductionsstrom, der durch das Entstehen des Magnetismus erzeugt wird. Es kann also aus diesen beiden Ursachen der Magnetismus nur allmälig zu seiner vollen Kraft anwachsen.

4. **Die Coërcitivkraft des Eisens.** Wenngleich wir nun zwar zugeben müssen, dass der Inductionsstrom mit zur Vergrösserung beiträgt, so ist damit noch keineswegs bewiesen, dass der Inductionsstrom die einzige Ursache der Verzögerung sei; im Gegentheile theilt Magnus noch eine Beobachtung mit, aus der hervorgeht, dass der, durch das anfängliche, bei der Stromunterbrechung beginnende Verschwinden des Magnetismus erzeugte Inductionsstrom nicht die einzige Ursache des allmäligen Verschwindens sein kann. Er sagt[1]: „Dieses Abweichen der Nadel fand noch statt, selbst nachdem der Leitungsdraht während zehn Sekunden vom Plattenpaare getrennt und dann erst durch den Multiplicator in sich selbst zurückkehrend gemacht war“. Der bei der Unterbrechung verhinderte und nur einen Moment während der Unterbrechung andauernde Inductionsstrom konnte nicht 10 Sekunden lang das vollständige Aufhören des Magnetismus verhindern. Dass dann beim Schliessen des Kreises noch ein Strom entstand, ist ein Beweis, dass nun der Magnetismus noch nicht vollständig aufgehört hatte, mithin noch ein anderes Hinderniss vorhanden sein muss.

Auf dieses andere Hinderniss macht zuerst Faraday aufmerksam. Es liegt in der Trägheit der Eisenmoleküle, welche einer Zeit bedürfen, um in ihre Ruhelage zurückzukehren. Spätere Beobachtungen anderer Physiker haben dies bestätigt. Merkwürdig hierbei ist noch der Umstand,

[1]) Pogg. Ann. 38 pag. 430.

dass die Verzögerung des Entstehens und Verschwindens des Magnetismus um so grösser ist, je längere Zeit der Magnet nicht in Gebrauch war. Bei erster Anwendung von Farady's grossem Magneten, nach einer Ruhe von 2—3 Tagen, beträgt die Verzögerung 98 Sekunden und mehr. Nach wiederholtem Oeffnen und Schliessen wird die Zeit viel kürzer.

5. Die peripherischen Ströme. Wenn man in einem Eisenkerne schnell hinter einander den Magnetismus erregt und wieder aufhören lässt, wie bei den magnetoelektrischen Maschinen, so entsteht jedes Mal ein Inductionsstrom in der den Kern umgebenden Spirale. Dieser Strom ist stärker, wenn der Eisenkern aus vielen dünnen Eisenstäben besteht, als wenn er von einem massiven Kerne gebildet wird. Magnus hat nun gezeigt, dass diese Verstärkung des Stromes aufhört, wenn das Eisenbündel in ein unmagnetisches Metall eingeschmolzen, oder auch, wenn es nur von einer metallischen Hülle umgeben wird. Diese Versuche und noch andere von Dove haben ergeben, dass die Ursache der Schwächung der Inductionsströme in der Spirale in anderen Inductionsströmen beruht, die in dem Umfange des Eisenkerns sich bilden, sobald dieser aus einem leitenden Continuum besteht. Diese peripherischen Ströme hemmen sowohl die schnelle Entwicklung, als das schnelle Verschwinden des Magnetismus, weil sie beim Entstehen wie beim Verschwinden immer dem beabsichtigten Einflusse entgegenwirken. Wir haben hiermit eine dritte Ursache für die Verzögerung der magnetischen Erscheinungen, welche somit hervorgerufen werden kann:

1. durch die Trägheit des Eisens;
2. durch den Extrastrom und den Magneto-Inductionsstrom in der den Kern umgebenden Spirale;
3. durch die peripherischen Ströme im Eisenkern.

6. Neueste Beobachtungsresultate. In neuester Zeit haben die Untersuchungen über diesen für die Anwendung des Elektromagnetismus so wichtigen Gegenstand durch Beetz einige Erweiterungen erfahren. Die von ihm aufgestellten Sätze geben zugleich den jetzigen Stand der Wissenschaft auf diesem Gebiete. Es sind folgende:

1. Die Verzögerung des Entstehens des Magnetismus in Eisenkernen, die mit der galvanischen Spirale ganz bedeckt sind, hängt zum grössten Theil von den in den Spiralen selbst erzeugten Gegenströmen ab. Die gleichzeitige Bildung peripherischer Ströme,

so wie die Coërcitivkraft des Eisens ist von geringem Einflusse.

2. Die Verzögerung des Verschwindens des Magnetismus aus Eisenkernen, die ganz mit der Spirale bedeckt sind, hängt zum grössten Theil von der Bildung peripherischer Ströme in den Kernen ab.

3. Die Verzögerung des Entstehens und Verschwindens des Magnetismus in nur theilweise mit der galvanischen Spirale bedeckten Eisenkernen hängt zum grössten Theile von der Trägheit des Eisens, die Magnetisirung fortzupflanzen, ab; dagegen sind die peripherischen Ströme, welche sich in dem Kerne selbst bilden, ohne merklichen Einfluss.

4. Die der Einwirkung peripherischer Ströme zuzuschreibenden Verzögerungen äussern sich durch **verlangsamtes** Anwachsen oder Abfallen der diese Veränderung darstellenden Curve, dagegen die der Einwirkung geschwächter Polarisirbarkeit zuzuschreibenden Verzögerungen durch **verspätetes** Anwachsen oder Abfallen derselben.

7. Erscheinungen der Verzögerung durch den Inductionsstrom. Die Anwendung des Elektromagnetismus hat immer ihre Schwierigkeiten, sie ist mit Mühwaltungen verknüpft, welche man gewiss zu umgehen sucht, wenn nicht durch sie besondere Vortheile geboten werden, die auf anderem Wege nicht zu erreichen sind. Diese Vortheile bestehen besonders in der Präcision, mit der die Wirkung eintritt, und es ist daher wichtig, wo Verzögerungen der Wirkung vorkommen, die dadurch hervorgerufenen Fehler zu vermeiden, oder, wenn dies nicht möglich ist, dieselben doch zu kennen und in Rechnung zu ziehen.

Um von der Wichtigkeit der unter Umständen vorkommenden Verzögerung eine Anschauung zu geben, wollen wir des von Hipp in neuester Zeit hervorgehobenen Falles, erwähnen [1]), welcher beim Telegraphiren vorkommt. Hipp beobachtete nämlich, dass er mit einem Morse'schen Schreibapparat nur 16 Zeichen in einer Sekunde zu geben

[1]) Pogg. Ann. 102 pag. 557, aus den Mittheilungen d. naturf. Ges. in Bern 1855 pag. 90; Dub, Elektromagnetismus pag. 428.

vermochte, wenn die Zeichen durch einen, von einer einpaarigen Säule erregten Strom hervorgebracht wurden, wogegen er deren 26 gab, wenn derselbe Strom durch eine vielpaarige Säule erregt ward. Also trotz der gleichen Stromstärke in beiden Fällen war doch der Erfolg verschieden!

Die Erklärung dieser Erscheinung ergiebt sich aus dem Ohm'schen Gesetz in Verbindung mit den eben besprochenen Thatsachen. Die Zeichen werden am Morseapparat dadurch gegeben, dass ein Elektromagnet einen Anker anzieht und wieder loslässt. In beiden Fällen aber wird, wie wir soeben gesehen haben, ein Inductionsstrom erregt, welcher sowohl die Anziehung als das Loslassen des Ankers verzögert.

In dem Falle, wo die Bewegung mittelst eines Elementes bewirkt wird, muss die Stromstärke S ausgedrückt werden durch

$$S = \frac{E}{w + r},$$

wo w den Widerstand in der Säule und r den ausserhalb derselben bedeutet. Wird dagegen dieselbe Stromstärke S erzeugt durch z. B. 12 Elemente, so müssen wir dieselbe darstellen durch

$$S = \frac{12\,E}{12\,w + r + l},$$

wo l den hinzugefügten Leiter bedeutet, welcher den durch 12 Elemente hervorgerufenen Strom so herabstimmt, dass er dem früheren gleich ist. Wir haben alsdann, ehe der Apparat arbeitet:

$$\frac{E}{w + r} = \frac{12\,E}{12\,w + r + l}.$$

Beginnt nun der Strom zu wirken, so finden immerwährend Unterbrechungen statt, welche einen Inductionsstrom erzeugen, dessen elektromotorische Kraft x genannt werden mag, und die im Ganzen in beiden Fällen gleich ist. Da nun aber der Widerstand bei Anwendung der beiden Säulen nicht derselbe ist, so kann auch der in beiden Fällen erregte Inductionsstrom nicht gleich sein. Nach der Ohm'schen Formel ist der Inductionsstrom bei einem Elemente $= \frac{x}{w + r}$, wogegen er in dem Falle, wo 12 Elemente angewandt werden, $= \frac{x}{12\,w + r + l}$ ist. Der zur Wirkung kommmende primäre Strom wird demnach für beide Fälle

$$\frac{E - x}{w + r} < \frac{12\,E - x}{12\,w + r + l},$$

d. h. der Strom der 12 Elemente ist vom Beginn der Wirkung ab so lange stärker, als der eines Elementes, bis überhaupt der Inductionsstrom aufgehört hat. Da nun der Anker des Morse'schen Schreibhebels nicht sogleich beim Beginn des Stromes an den Magneten herangezogen wird, sondern es erst einer Zeit bedarf, bis der Strom die nöthige Kraft erreicht hat, so wird dies bei der 12paarigen Säule eher geschehen, als bei der andern, da ja jene von Anfang an stärker ist, als diese. Da ferner der Inductionsstrom beim Unterbrechen des primären bei den 12 Elementen schwächer ist, als bei dem einen, so muss der Magnetismus auch schneller abnehmen, der Anker wird also auch um so eher wieder losgelassen.

Man sieht also, dass in diesem Falle die Impulse schneller auf einander folgen müssen, als in dem anderen.

Hierbei ist noch hervorzuheben, dass die in beiden Fällen erregte elektromotorische Kraft x als gleich angenommen wurde. Dies ist aber genau genommen nicht der Fall, sondern das x bei den 12 Elementen wird etwas grösser durch den in dem eingeschalteten Widerstande l entstehenden Extrastrom. Allein, wenn man denselben nicht absichtlich vergrössert, durch Einführen von Eisenkernen in die etwa eingeschaltete Spirale, so ist dieser Einfluss im Vergleich zu dem 12mal so grossen Widerstand in der Säule so unbedeutend, dass man ihn ohne Bedenken vernachlässigen kann.

III. Abschnitt.

Die Telegraphenleitung.

§ 1.

Die Erde als Leiter.

1. Die Telegraphenleitung im Allgemeinen. Unter den verschiedenen Anwendungen, die man bisher von dem Elektromagnetismus in der Technik gemacht hat, steht ohne Zweifel die Anwendung zum Telegraphiren als die wichtigste oben an.

Der Elektromagnet besteht aus dem Erreger und dem Träger des Magnetismus. Ersterer ist, wie wir wissen, der galvanische Strom, der durch irgend eine Säule erregt und durch viele Drahtwindungen um den Eisenkern geleitet wird. Der Leiter des galvanischen Stromes wird in der elektromagnetischen Telegraphie von grösserer Wichtigkeit, als in anderen Fällen der Magnetisirung durch den Strom, weil er eben das Mittel ist, die Zeichen auf beliebige Entfernungen hin fortzupflanzen. Nicht die Leitung des Stromes in den Spiralwindungen um das Eisen, sondern die Führung der Leitung von der Säule über grosse Länderstrecken bis zu den genannten Windungen der Elektromagnete ist das wichtige Mittel der Telegraphie. Dieser Theil des Telegraphen wird überdies noch dadurch von um so grösserem Interesse, dass er dem ganzen Unternehmen die grössten Schwierigkeiten entgegenstellt. Noch jetzt müssen wir der gleich Anfangs bei der Einrichtung der ersten Telegraphen durch Steinheil gemachten Bemerkung in vollem Maasse beistimmen, in der es heisst: „die Leitung bildet immer noch die Schattenseite des elektrischen Telegraphen“ [1]).

In den ersten Stadien der Entwicklung der elektromagnetischen Telegraphie war man sehr bald mit Vorschlägen über die Art der Einrichtung der Apparate im Reinen, aber die dazu nöthigen Leitungen setzten dem ganzen Unternehmen scheinbar unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen.

[1]) Schuhmacher's Jahrbuch 1839 pag. 176.

Wohl war es deshalb ein wichtiger Schritt, den Weber that, als er über die Häuser der Stadt Göttingen hin die leitende Verbindung zwischen den zur Communication bestimmten Orten wirklich herstellte, und somit direkt den Beweis für die Möglichkeit einer Telegraphie dieser Art im Grossen lieferte; denn ein jeder Experimentator weiss, dass ein in grösster Vollkommenheit hergestelltes Modell noch keineswegs ein Beweis für die praktische Ausführbarkeit einer Idee ist.

Wie grosses Staunen zur Zeit der Herstellung der Weber'schen Einrichtung dieser Erfolg erregte, geht aus der später mitgetheilten Notiz über dieselbe hervor, in der es heisst[1]): „Man bemerkt nicht ohne Bewunderung, wie ein einziges Plattenpaar, am anderen Ende hineingebracht, augenblicklich dem Magnetstabe eine Bewegung ertheilt etc."; und der Opponent gegen den Sömmering'schen Vorschlag, Praetorius, war gewiss nicht der Einzige, der die Meinung hegte, dass, wie er sagt, „sich die Mittheilung einer Nachricht mittelst Drahtleitung höchstens auf Entfernungen von 1000 Fuss bewirken liesse"[2]).

Wenngleich man nach den Erfahrungen der neuesten Zeit diese letzte Behauptung durchaus unbegründet nennen muss, so waren doch im Jahre 1811, wo dieselbe aufgestellt wurde, die Kenntnisse von der Wirkung und den Eigenschaften des galvanischen Stromes noch so beschränkt, dass eine Aeusserung dieser Art gewiss Entschuldigung findet. Man wusste damals noch nichts von den Gesetzen der Fortplanzung des Stromes, man kannte weder die Leitungsfähigkeit der Körper, noch die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Stromes durch dieselben, noch war endlich das Gesetz bekannt, welches, im Jahre 1827 von Ohm gefunden, die Bedingungen der Ausbreitung feststellt, denen die unter allen Verhältnissen durch eine galvanische Säule erregte Stromstärke folgt.

Freilich waren die wichtigsten der eben genannten Punkte bereits untersucht, als man anfing, in grösserem Maassstabe Telegraphenleitungen anzulegen; allein Jacobi hat durchaus Recht, wenn er sagt[3]): „Man hatte sich die Sache früher sehr leicht gedacht, denn bei den anfänglichen, in kleinem Maassstabe angestellten Versuchen konnten die in der Natur der Sache liegenden nachtheiligen Bedingungen nicht hervortreten, die sich später zeigten, als Steinheil und Wheatstone ihre Linien auf grössere Entfernungen auszudehnen begannen".

„Die Wirkung der natürlichen Nebenschliessungen, die hierbei

[1]) Siehe Abschnitt V. §. 3; Dinglers Journal 55 pag. 394. [2]) Siehe Abschnitt V. §. 1 No. 4; Gilbert Ann. 39 pag. 117. [3]) Pogg. Ann. 58 pag. 409.

stattfand", fährt Jacobi fort, „gebot Vorsichtsmaassregeln, auf die man früher nicht bedacht gewesen sein konnte, da die vagen Begriffe von Leitern, Halbleitern und Nichtleitern noch nicht ihre praktische Würdigung zu erhalten Gelegenheit gehabt hatten. Aus der von Steinheil bekannt gemachten Beschreibung seines magnet-elektrischen Telegraphen weiss man, dass, ungeachtet dieser Gelehrte seine Drahtleitungen in freier Luft über hohe hölzerne Pfosten gehen liess, dennoch Nebenleitungen vorhanden waren, die sich durch vorhandene Stromwirkungen auf der einen Station zeigten, während die metallische Verbindung auf der anderen gelöst war. Dieselben Erscheinungen fand Wheatstone, der seine gut isolirten Drähte in gusseisernen Röhren über der Erde, an einigen Stellen auch unter derselben fortgeführt hatte, und er fand sie in so hohem Maasse, dass er dadurch genöthigt war, sein erstes System der elektro-magnetischen Telegraphirung, das in combinirten astatischen Magnetnadeln bestand, aufzugeben. Es fand sich nämlich, wie es die Nebenverbindungen bewirkten, dass bei Schliessung der Hauptkette auch die Systeme von Nadeln mit in Bewegung gesetzt wurden, die ganz ausser der Verbindung lagen".

Diese hier im Jahre 1843 von Jacobi geschilderten Mängel sind auch noch jetzt, wenngleich in etwas geringerem Grade vorhanden, und wir können daher die Entdeckung Steinheil's nicht genug rühmen, in Folge deren er die Erde als die eine Hälfte des Leiters benutzt.

2. Die Erde als Leiter. Wir haben vorn zwei Sätze kennen gelernt, aus denen im Voraus auf die Benutzung der Erde als Leiter geschlossen werden muss. Wir haben nämlich gesehen, dass sämmtliche Körper sich in eine Scala ordnen lassen, von dem besten Leiter bis zum besten Nichtleiter, und dass es also weder einen absoluten Leiter, noch einen absoluten Nichtleiter giebt. Ferner haben wir gesehen, dass das Leitungsvermögen der Körper ihrem Querschnitt proportional ist. Aus diesen beiden Sätzen folgt, dass ein jeder noch so schlechte Leiter den Strom eben so gut leiten muss als der beste, wenn nur der Querschnitt des schlechten Leiters in demselben Maasse wächst, als das Leitungsvermögen abnimmt. Da nun der Querschnitt der Erde im Verhältniss zu dem eines jeden anderen Leiters unendlich gross genannt werden muss, so muss auch das Leitungsvermögen der Erde, obgleich sie ein schlechter Leiter ist, unendlich gross sein. Das grosse Leitungsvermögen der Erde wird aber beschränkt durch die verhältnissmässig nur sehr kleine Fläche, an welcher der Strom von dem guten Leiter, dem Metalldrahte, zur Erde übergehen muss, und man machte daher Anfangs

die Platten, mittelst deren der Strom von dem Drahte in die Erde geführt ward, möglichst gross. Immer aber ist, wie man einsieht, das Leitungsvermögen des unendlich dicken Leiters durch diesen Uebergangswiderstand beschränkt.

In der hier aufgeführten Weise machte Steinheil seine Schlüsse und fand dieselben aufs Glänzendste in der Erfahrung bestätigt, dass die Erde als die eine Leitung von einer Station zur andern benutzt werden könne. Diese Entdeckung hat nicht wenig zur schnelleren Ausbreitung der elektromagnetischen Telegraphen beigetragen, denn nicht allein, dass dadurch die Hälfte der so grossen Kosten der Leitung erspart wurde, auch die Grösse der anzuwendenden Batterie konnte verringert werden, weil die Erde ein viel besserer Leiter war als der isolirte Draht.

Steinheil sagt in Bezug auf diese seine Entdeckung[1]: „Die grosse Leitungsfähigkeit des Erdreichs brachte mich auf den Gedanken, ob es nicht möglich wäre, den Boden selbst als Leiter zu benutzen und so wenigstens die Hälfte der Leitungskette zu ersparen". Dies hat sich nun später vollständig bestätigt. Man kann auch aus sogenannten schlechten Leitern, wie das Wasser etc., ebenso gut als aus den am besten leitenden Metallen Conductoren herstellen, wenn man sie nur in demselben Verhältniss dicker macht, als sie schlechter leiten. „So konnte z. B. zwischen der Königl. Akademie und meiner Sternwarte ebenso gut als mit hin- und zurückführendem Drahte telegraphirt werden, nachdem derjenige Draht, in welchem die Kraft- und Zeichenapparate eingeschaltet sind, an seinen beiden Stationsenden mit Kupferblechen von einigen Quadratfuss Flächen versehen wurde, die in das Erdreich eingegraben waren. Hier bestand aber die eine Hälfte der Schliessungskette aus Eisendraht von 3000′ Länge, die andere Hälfte aber aus einer 3000′ dicken Erdschicht. Wäre man durch die Theorie nicht vorbereitet auf dieses Resultat, so müsste es überraschen, den galvanischen Strom mit derselben Leichtigkeit durch das Erdreich, trotz unterbrechender Gräben, Bäche, Keller etc., geleitet zu sehen, wie er durch Metalldrähte sich fortpflanzt". —

Wenngleich man sich nun zwar die Sache in der eben besprochenen und auch im Ganzen von Steinheil dargestellten Weise vorstellen kann, um sich ein einfaches Bild von der Stromwirkung analog den sonstigen Leitungen zu machen, so treten doch bei weiterer Ueberlegung mannigfache Bedenken gegen diese Vorstellungsweise auf.

[1]) Schuhmacher's Jahrbuch 1839 pag. 172.

3. Die Erde als Reservoir der Elektricität. Denken wir uns den einen Pol einer galvanischen Säule zur Erde abgeleitet, und den anderen mit einer langen Leitung in Verbindung gebracht, deren anderes Ende isolirt ist, so wird sich die Elektricität in dieser Leitung verbreiten, und ein bei dem Pole eingeschaltetes Galvanometer wird so lange einen Strom anzeigen, bis die Elektricität an das isolirte Ende der Leitung angekommen ist. Guillemin und Burnouf gründen auf diese Betrachtung ihre erfolgreichen Untersuchungen in Bezug auf die Geschwindigkeit der Elektricität[1]). Ebenso wie der Strom aufhört, wenn das isolirte Ende des Leiters erreicht ist, so findet natürlich auch gar kein Strom statt, wenn der andere Pol der Säule nicht zur Erde abgeleitet wird. Ist dies aber der Fall, so verhält sich, bevor der Strom das Ende des isolirten Leiters erreicht hat, Alles so, wie wenn das isolirte Ende nicht isolirt wäre, und es muss sich um so länger so verhalten, je länger die Leitung ist. So würde man, unter der Annahme, dass die Geschwindigkeit der Elektricität 15,000 Meilen in der Sekunde betrüge, z. B. bei einem 1 Million Meilen langen Drahte doch schon einen über eine Stunde anhaltenden Strom haben. Wir nehmen also in diesem Falle einen Strom wahr, ohne dass die beiden Pole der Säule leitend mit einander verbunden sind. Aus dem sehr nahe liegenden Schluss, dass der Strom um so länger andauern müsse, je länger der isolirte Leiter ist, folgt nun aber, dass der zur Erde abgeleitete Pol kein Hinderniss für den Strom ist, obgleich doch die hineingeleitete Elektricität keine Gelegenheit findet, sich mit irgend welcher entgegengesetzten auszugleichen. Es fliesst in diesem Falle die Elektricität in die Erde ab, ohne *eine* Spur zurückzulassen, wie eine Flüssigkeit ohne Ende in ein unendlich grosses Reservoir fliessen könnte, ohne dass je eine Anhäufung zu bemerken sein würde.

Wir sehen hieraus, dass es bei der Ableitung in einen unendlich grossen Leiter nicht nöthig ist, die Verbindung zwischen den beiden Polenden herzustellen, um einen Strom zu erhalten. Da es nun gleichgültig ist, welcher der beiden Pole der Batterie zur Erde geleitet wird, so liegt es nahe, dass der Strom aus derselben Ursache vorhanden sein wird, wenn beide Pole in die Erde abgeleitet werden, ohne dass es deshalb nöthig ist, eine Verbindung dieser Ströme durch die Erde hin anzunehmen.

[1]) Siehe Abschnitt IV. § 7; Compt. rend. XXXIX. 330; Berl. Ber. 1854 pag. 394; Brix Journ. I. pag. 200.

4. Gründe für die erste Ansicht. Als Vertreter der Meinung, dass die Erde die Stelle eines Leitungsdrahtes vertrete, müssen wir Matteucci[1]) nennen. Das Experiment, welches er vorzugsweise als Beweis des in der Erde vorhandenen Stromes angiebt, ist folgendes[2]): Er verbindet die Pole einer Bunsen'schen Säule von zehn Elementen mit zwei Brunnen, die 160 Meter von einander entfernt sind. In gerader Linie zwischen ihnen befinden sich zwei andere Brunnen, 30 Meter aus einnander, und respective 80 und 50 von den ersteren. In diese intermediären Brunnen bringt er die mit Ansätzen von Silber und Platin versehenen Enden eines Galvanometers mit sehr langem Draht. Nun schliesst er die Säule, und augenblicklich wird die Galvanometernadel um 35 bis 40 Grade abgelenkt. Daraus folgert denn Matteucci, dass, wenn der Erdboden in den Kreis einer Volta'schen Batterie gebracht wird, wirklich ein Strom durch ihn hingehe.

Es ist wohl möglich, dass Matteucci einen Strom in dem Falle des genannten Versuchs beobachtet hat, allein es ist nicht sicher, dass nicht nebensächliche Umstände denselben bewirkt haben. Zu einer solchen Annahme führen erstens die vielen später zu besprechenden Thatsachen, welche gegen die aus der Beobachtung gezogene Schlussfolgerung sprechen, und zweitens ein an einem anderen Orte ebenfalls von Matteucci aufgestellter Satz, in dem er behauptet, der Widerstand der Erde sei negativ. Das würde also heissen, der Widerstand sei bei Einschaltung der Erde geringer, als wenn die Pole ohne Vergrösserung des Verbindungsdrahtes direct mit einander verbunden würden. Wenn nun in diesem Falle Matteucci unzweifelhaft durch andere Umstände, denen wir nicht nachforschen können, auf Fehlschlüsse gerathen ist, so sind wir auch berechtigt, dasselbe in obigem Falle anzunehmen, da manche andere Beobachtung sich nicht so einfach aus jener Ansicht erklärt.

Eine dieser Beobachtungen führt sogleich Poggendorff am Schlusse des Referats über den Versuch von Matteucci an, indem er sagt: „Wenn aber der Widerstand des Erdbodens so gut wie Null ist, wie konnte denn hier, bei einer so kleinen Strecke von 30 Metern, noch ein Theil des Stromes in den langen Galvanometerdraht übergehen?" Poggendorff schlägt hier Matteucci mit seinen eigenen Waffen. Nach ihm ist der Widerstand nicht nur „fast Null", sondern sogar noch

[1]) Archives de l'El. T. IV. pag. 304 und T. V. pag. 156. [2]) Pogg. Ann. 68. pag. 146.

über Null hinaus, und doch soll ein Strom durch den langen Galvanometerdraht gehen, dessen Widerstand ja schon im Verhältniss zu Null unendlich gross ist.

Mit vielen anderen theilt Baumgartner die Ansicht von Matteucci, ohne jedoch dieselbe weiter zu beweisen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass der Strom, wenn er in die Erde fliesst, einen Widerstand erleidet, auch wenn er sich nicht mit dem von dem anderen Pole abfliessenden vereinigt; nur folgt auch dann aus dieser Annahme, dass der Widerstand sich nicht vergrössern kann mit der grösseren Entfernung der Einleitungsstellen.

Baumgartner[1]) vergleicht nun auf verschiedenen Strecken den Widerstand, den eine Leitung durch Draht, und eine andere durch die Erde dem Strome entgegensetzt, und berechnet daraus, in welchem Verhältniss der Widerstand eines Kupferdrahtes von der Länge = 1 und 1 Linie Dicke zu dem Widerstande eines gleich langen Theiles des Erdkörpers stehe. Er findet folgende Verhältnisse auf den hier angegebenen Strecken:

				Verhältniss
1. Wien und Gänserndorf:	16100	Klafter	Draht	3,14
2. „ „ Gloggnitz:	43720	„	„	6,98
3. „ „ Gratz:	111720	„	„	4,70

Der Experimentator erhält hier drei Verhältnisszahlen, zu deren erster Poggendorff Folgendes bemerkt[2]): „Die Schlussfolgerungen des Herrn Verfassers dürften indess wesentlich dadurch beeinträchtigt werden, dass die Platten, mittelst welcher der Strom durch die Erde geleitet wird, erfahrungsmässig eine Polarisation erleiden. Diese Polarisation möchte wohl den Hauptantheil haben an der Schwächung des Stromes beim Durchgang durch die Erde.“ — Desselben Umstandes erwähnt bereits Smaasen[1]) in Bezug auf die Messung des Widerstandes der Erde überhaupt. Und, in der That, vergleichen wir die drei Verhältnisszahlen, so finden wir sie so sehr von einander abweichend, dass sich daraus kein Schluss auf die Grösse des Leitungswiderstandes der Erde machen lässt. Diejenigen, welche die Erde einfach als Leiter ansehen, schliesen daraus, dass der Leitungswiderstand auf verschiedenen Strecken sehr verschieden sei.

Denken wir nun aber den Leitungswiderstand für alle Entfernungen gleich, was der Fall ist, wenn die Erde als Reservoir und nicht als

[1]) Pogg. Ann. 80 pag. 374. [2]) Pogg. Ann. 80 pag. 380. [3]) Pogg. Ann. 72 pag. 447.

Leiter der Elektricität dient, und nehmen wir als Grund der abweichenden Verhältnisszahlen, welche Baumgartner gefunden, die an den Elektroden wirkende Polarisation, so müssen wir zugeben, dass die von Baumgartner gefundenen Werthe durchaus nicht der Annahme, die Erde diene als Reservoir, widersprechen.

Auch Steinheil ist der Ansicht, die Erde stellt die Verbindung beider Pole her, allein er stellte sich die Sache doch nicht wie Baumgartner vor. Er sagt: „Wenn die beiden Enden eines Stromleiters in die Erde versenkt werden, und diese also, wie wir schon anführten, die Schliessung bewirkt, so muss die galvanische Erregung des Bodens nicht nur diejenigen Erdtheile treffen, welche sich zwischen den Drahtenden befinden, sondern, weil das Erdreich unter diesen Umständen als ein unbegrenzter Leiter zu betrachten ist, sich nach allen Seiten fortpflanzen. Man kann aber den Uebergang der Elektricitäten von einem Erdtheile zum andern sichtbar machen, wenn man einen besseren Leitungsbogen, als die Erde selbst ist, anbringt. Gesetzt, man würde in irgend einem Abstande von den beiden Enden des Inductionsdrahtes, also metallisch völlig getrennt, in das Erdreich einen Bogen von Kupfer mit seinen Enden versenken, so würde die galvanische Erregung weniger Widerstand finden, indem sie den kupfernen Bogen durchläuft, als unten durch das Erdreich. Sie wird also auch diesen Weg wählen. Denken wir uns nun statt des Bogens einen kupfernen Multiplicator, und in diesem eine drehbare Magnetnadel angebracht, so wird dieser Apparat dazu dienen, die galvanische Erregung successive in verschiedenen Abständen von den Inductionsdrahtenden nachzuweisen und zu messen. Solche Versuche habe ich angestellt, zur Ermittelung des Gesetzes, nach welchem sich die galvanische Erregung in dem unbegrenzten Leiter fortpflanzt. Diese Frage schien für die Telegraphie von grosser Wichtigkeit, denn wäre die Abnahme den Abständen selbst proportional, so könnte man mit starken galvanischen Kräften, selbst auf bedeutende Entfernungen hin, ganz ohne Leitungsketten telegraphiren. Es würden dem Erdreich vôn irgend einem Punkte aus Kräfte mitgetheilt, die sich nach allen Richtungen verbreiteten, und also überall, wo man den Boden mit dem geeigneten Apparate in Verbindung brächte, wahrgenommen werden könnten. Allein diese an das Geisterhafte grenzende Mittheilungsweise scheint uns nicht vergönnt. Wir können die Gnomen nicht beschwören, unsere Gedanken durchs Innere der Erde nach Willkür fortzutragen. Die Natur hat durch einen kleinen Umstand dafür gesorgt. Es nimmt nämlich die Verbreitung der galvanischen Kräfte von den Erregungspunkten aus nicht, wie wir beispielsweise voraus-

setzten, ab im Verhältniss der Abstände, sondern im Verhältniss der Quadrate der Abstände, so dass schon auf Entfernungen von 50^m nur noch äusserst kleine Wirkungen, selbst durch kräftige Inductionsströme hervorgebracht werden können."

Hätten wir über Elektricitätsmengen und über Nachweisungsapparate zu disponiren, die sich verhielten wie die grössten und kleinsten Lichteindrücke, für welche unser Auge empfänglich ist, so stünde dieser Art, ganz ohne Leitungskette zu telegraphiren, nichts im Wege. Aber es ist kaum zu erwarten, dass man je dahin gelangen wird, und ebenso lange ist auch aus den angeführten Versuchen kein technisch brauchbarer Erfolg zu ziehen."

Wie schon bemerkt, kann man sich, den Erfahrungen an linearen Leitern gemäss, die Sache in der genannten Weise vorstellen, und in diesem Sinne ergiebt denn die Rechnung, wenn man die Erde als einen unendlich grossen Halbraum und die Entfernung der Elektroden als verschwindend klein denkt, auch ein Resultat, welches mit der Erfahrung übereinstimmt.

Diese Rechnung stellt Smaasen an[1]). Er findet zunächst,

dass der Widerstand eines Raumes, der einerseits von einer die Elektroden enthaltenden Ebene begränzt wird, und andererseits unendlich ist, ausgedrückt werden muss durch

$$\frac{k}{2\pi\varrho} = \frac{{}^1/_2\,\varrho k}{\pi\varrho^2},$$

wo k den Widerstand des Körpers, dessen Querschnitt und Länge gleich 1 ist, und ϱ den Radius der kugelförmigen Elektrode bedeutet.

Da nun die Erde im Vergleich zur Entfernung der in dieselbe geleiteten Elektroden als unendlich dick betrachtet werden kann, so wird auch der Widerstand der Erde nicht erheblich von dem angegebenen Resultat abweichen.

Es ist also auch der Widerstand der Erde gleich dem eines Cylinders von gleichem Material wie die Erde, der an Länge demselben Radius der Elektroden und an Querschnitt einem grossen Kreise der Elektroden gleich ist.

Smaasen bemerkt hierzu: „Es ist indess etwas schwierig, diesen Widerstand auf den bekannten Widerstand eines Metalldrahtes zurückzuführen. Denn wenn man zwei Metallplatten als Elektroden in die Erde stellt, sie einerseits durch einen Leitungsdraht und andererseits durch

[1]) Pogg. Ann. 72 pag. 447.

den die Kette schliessenden Erdboden verbindet, so hat man nur die Erde durch einen Leitungsdraht von solcher Länge zu ersetzen, dass die Stromstärke in beiden Fällen dieselbe bleibe. Allein um daraus den Widerstand der Erde abzuleiten, müsste man die Polarisation der Metallplatten kennen, und ich glaube nicht, dass man zu deren Bestimmung bis jetzt genaue Methoden besitze."

Aus dem vorn gegebenen Ausdruck für den Widerstand des Raumes ist zu ersehen, „dass derselbe im umgekehrten Verhältniss des Radius der Elektroden, oder vielmehr der Quadratwurzel aus ihrer Oberfläche steht, und von ihrem Abstande unabhängig ist."

Diesen Satz könnte man auch so aussprechen: „Der Widerstand des **unendlichen** Halb-Raumes ist gleich dem Widerstande eines Cylinders von gleichem Material wie der Raum von der Länge $= \frac{1}{2}\varrho$ und von dem Querschnitt $= \pi\varrho^2$."

Wenn nun die Rechnung unter der Annahme, die Erde diene wirklich als Leiter, zu einem Resultate gelangt, welches auch unter einer anderen Annahme folgen muss, so ist, wie leicht einzusehen, dieses Resultat noch keineswegs ein Beweis für die Richtigkeit jener Annahme, sondern, wenn andere Erscheinungen mehr für eine andere Ansicht über den Vorgang sprechen, aus der die bisher erwähnten ebenfalls ihre Erklärung finden, so kann sowohl das Eine als das Andere die wirkliche Ursache der Erscheinung sein. Wir führen die andere Ansicht und besonders die für dieselben sprechenden Erscheinungen hier ebenfalls aus, nicht als ob damit der Beweis für eine der erwähnten Meinungen geliefert wäre, sondern weil die verschiedenen hier ausgeführten Beispiele unzweifelhaft die Einsicht in das Wesen der Elektricität, in ihre Wirkungsweise, vergrössern.

5. Gründe für die zweite Ansicht. Wheastone macht an dem zur Mittelmeerleitung bestimmten 660 englische Meilen langen Telegraphen-Taue folgende zwei Experimente[1]).

a. „Der eine Pol der Batterie stand in Verbindung mit der Erde, der andere war mit dem einen Ende der ganzen, durch passende Verbindung der sechs Drähte des Taues gebildeten, Leitung von 660 englischen Meilen Länge in Berührung, und von dem entgegengesetzten Ende der Leitung war ein Draht zur Erde geführt. In die Leitung waren an drei verschiedenen Stellen Galvanometer eingeschaltet: Das

[1]) Brix Journ. II. pag. 152; Philos. Mag. (4) X. pag. 56.

erste hart an der Batterie, das andere in der Mitte der Leitung, also 330 Meilen von beiden Enden, und das dritte am entfernten Ende der Leitung, zwischen demselben und der Erde. Bei Herstellung der Verbindung zwischen der Batterie und der Leitung wurden die Nadeln der Galvanometer nach einander, in der Reihenfolge ihres Abstandes von der Batterie, abgelenkt; ebenso wie bei den von Faraday mitgetheilten Versuchen. Wenn andererseits erst die Verbindung des vorderen Endes der Leitung mit der Batterie bewirkt, und dann auch die Verbindung zwischen dem anderen Ende der Leitung und der Erde hergestellt wurde, so begann die Bewegung der Galvanometer-Nadel an diesem Ende, und die anderen Galvanometer wurden in umgekehrter Reihenfolge wie zuvor afficirt, d. h. das von der Batterie am weitesten entfernte Galvanometer wurde zuerst in Bewegung gesetzt."

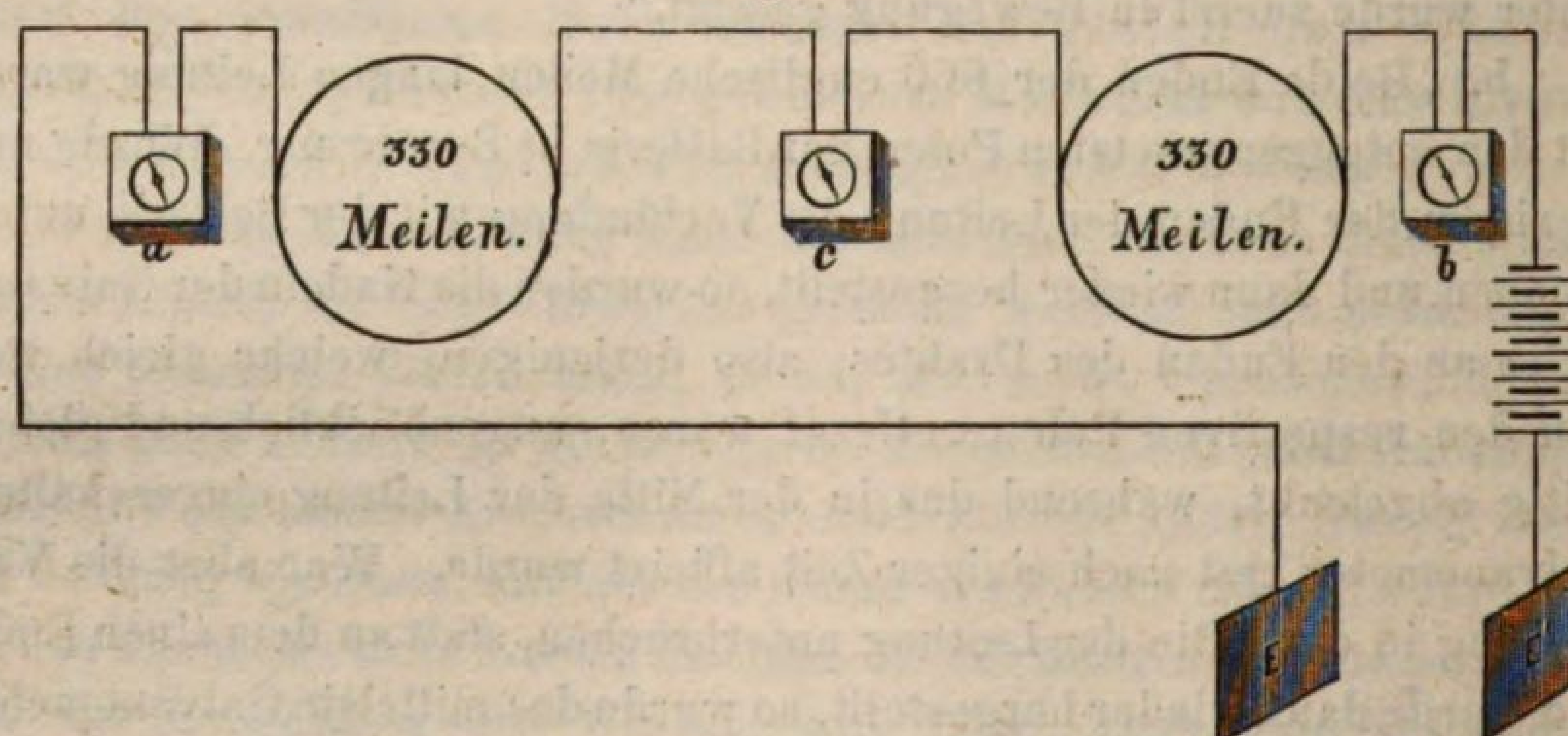
b. „Beide Enden der 660 englische Meilen langen Leitung waren mit den entgegengesetzten Polen der Batterie in Berührung. Wurde nun an einem der Enden der Leitung die Verbindung mit der Batterie unterbrochen und dann wieder hergestellt, so wurden die Nadeln der Galvanometer an den Enden des Drahtes, also derjenigen, welche gleich weit von den respectiven Polen entfernt waren, augenblicklich und gleichzeitig abgelenkt, während das in der Mitte der Leitung eingeschaltete Galvanometer erst nach einiger Zeit afficirt wurde. War aber die Verbindung in der Mitte der Leitung unterbrochen, statt an dem einen Ende, und wurde dann wieder hergestellt, so wurde das mittelste Galvanometer, also das von der Batterie am weitesten entfernte, zuerst abgelenkt, und später erst die Galvanometer an den Batteriepolen."

„Die Vergleichung der beiden Versuche lehrt, dass die Erde nicht als blosser Leiter zu betrachten ist, wie oft angenommen wird. Da bei dem ersteren dieser Versuche der Abstand der beiden Erdplatten von einander nur einige Yards betrug, so hätten, wenn der zwischen ihnen liegende Erdboden als blosser Leiter wirkte, die beiden Galvanometer an den Enden der Drahtleitung ebenfalls gleichzeitig abgelenkt werden müssen, wie im letztgedachten Versuche, und wie es der Fall gewesen sein würde, wenn die beiden zur Erde führenden Leitungsdrähte durch ein kurzes Drahtstück verbunden worden wären."

Es ist bereits vorn gesagt, dass diese Versuche unter Umständen angestellt sind, unter denen der Strom seine Wirkung langsam fortpflanzt, sie bestehen hier in der Benutzung eines Unterseekabels. Denken wir uns aber nun eine einfache Leitung, in der wir den Strom nach Belieben retardiren könnten, so wird der Vorgang bei beiden Versuchen in folgender Weise klar. Bedeuten die beiden Kreise Fig. 73 die beiden

330 englische Meilen langen Drähte *a*, *b* und *c* die drei Galvanometer und *E* und *E'* die in die Erde geführten Enden der Leitung, so wird, wenn der Kreis Anfangs bei *b* geschlossen wird, während er bei *a* noch offen ist, der Strom in die Leitung hineingehen, zuerst *b* ablenken, wird dann nach *c* gelangen und zuletzt nach *a*, während der entgegengesetzte Strom bei *E'* in die Erde abfliesst. Dieser Strom hört, wie wir bereits wissen, auf, sobald der ganze Draht geladen, d. h. sobald der Strom bei *a* angelangt ist. Setzt man nun, nachdem dies eingetreten ist, die Leitung bei *a* mit der Erde in Verbindung, so wird die Elektricität in dem Drahte von dort aus in die Erde abfliessen, es wird also zuerst das dort befindliche Galvanometer abgelenkt werden, später, wenn die Elektrici-

Fig. 73.



tät aus den ersten 330 Meilen abgeflossen sein wird, wird auch das Galvanometer *c* einen Strom anzeigen, und wenn endlich auch die anderen 330 Meilen entladen sind, wird ein neuer Strom von der Säule in den Draht eintreten und das Galvanometer *b* ablenken. Denkt man nun statt der beiden Ableitungen in die Erde die nur in geringer Entfernung von einander befindlichen Drähte direkt mit einander verbunden, so hat man die Combination des zweiten Versuchs. Unterbricht man in diesem Falle bei *a* oder *b*, so muss bei wiederholter Schliessung der Strom beginnen, d. h. es muss nach beiden Seiten hin Elektricität in den Draht fliessen. In diesem Falle werden aber *a* und *b* gleichzeitig abgelenkt, später *c*, wo sich die von beiden Seiten kommenden Ströme vereinigen.

Beim Oeffnen und Schliessen von *a* findet aber in beiden Fällen weiter kein Unterschied statt, als dass im ersten noch in den Kreis ein ganz kurzes Stück Leitung von unendlich grossem Durchmesser eingeschaltet ist. Diese Einschaltung bewirkt nun, dass, wenn bei *a* der Strom aus dem Draht heraus fliesst, nicht sogleich bei *b* ein Einfliessen

in denselben stattfindet. Wie will man das erklären, wenn man sagt, der Strom gehe von E nach E'? Wäre dies der Fall, so wäre ja der erste Versuch gar nicht vom zweiten verschieden, und er müsste auch dieselben Erscheinungen geben. Unter der Annahme aber, dass der Strom von E aus gar nicht nach E' gelangt, sondern in die unendlich grosse Erde sich vertheilt, ist die ganze Erscheinung sehr einfach erklärt.

Macht man die soeben angegebenen Schlüsse, so ist allerdings dagegen einzuwenden, dass, wenn die Elektricität in die Erde strömt, doch auch nicht zu begreifen ist, warum sie nicht auch von E nach E' fliessen soll. Es ist also hiermit zwar gezeigt, dass dieser Versuch einfach aus der neuen Annahme erklärt werden kann, aber er schliesst nicht absolut die Möglichkeit der Erklärung des Vorganges nach der anderen Ansicht aus, obgleich die Erklärung der Erscheinung bei Annahme eines gewöhnlichen Erdstromes nicht so einfach ist, jedenfalls muss dabei die Grösse und Polarisation eine Rolle spielen.

Guillemin und Burnouf machen einen diesem ganz ähnlichen Versuch an einer durch die Luft geleiteten Telegraphenleitung, bei der sie jedoch wegen der grossen Geschwindigkeit der Elektricität die Verzögerung auf andere Weise zu messen genöthigt sind [1]). Wir kommen später auf diesen Versuch zurück [2]), welcher Behufs der Messung der Geschwindigkeit der Elektricität angestellt wurde. Der Batteriestrom ward von Toulouse nach Foix und zurück geleitet, so dass also der Anfang und das Ende des 164 Kilometer langen Drahtes dicht bei einander waren. Ausgangspunkt war die Batterie und am Ende die Leitung zur Erde geführt. Bei dieser Einrichtung wird der Draht von einem Strome durchflossen, der nach der einen Ansicht einen Kreis bildet, nach der anderen an beiden Enden zur Erde abgeführt wird. Denkt man nun an dem Ende der Leitung, welches von der Batterie entfernt ist, ein Galvanometer eingeschaltet, so muss dasselbe, je nachdem die eine oder andere der beiden Ansichten die richtige ist, zu verschiedener Zeit abgelenkt werden. Das Galvanometer steht nämlich der Batterie sehr nahe, wenn wir uns den Strom von der Erde aus durch dasselbe gehend denken, es ist aber von der andern Seite her durch einen 164 Kilometer langen Weg von der Batterie getrennt. Guillemin und Burnouf gingen nun von der Meinung aus, der Strom gelange nur durch den Draht zum Galvanometer und gebrauche dazu eine gewisse Zeit. Unterbricht man

1) Compt. rend. XXXIX. 339; Brix Journal I. pag. 200; Berl. Ber. 1854 pag. 494. 2) Abschnitt IV. § 7.

nun den geschlossenen Strom eher, als diese Zeit verstrichen ist, so kann das Galvanometer nicht abgelenkt werden, die Stromwirkung ist auf diesem langen Wege noch nicht bis dahin gelangt. Käme aber beim Schliessen gleichzeitig der Strom von der anderen Seite durch die Erde, so würde das Galvanometer gleichzeitig mit dem Schliessen abgelenkt werden, und unter dieser Bedingungung würde keine Verzögerung der Wirkung auf das Galvanometer vorhanden sein. Nun haben aber die Experimentatoren eine Verzögerung beobachtet und mittelst derselben die Geschwindigkeit der Elektricität bestimmt. Sie schlossen hieraus, dass von der Seite durch die Erde her kein Strom durch das Galvanometer geht, dass also die Erde von beiden Polen her die Elektricität wie ein Reservoir aufnimmt.

Guillemin hatte schon viel früher einen Versuch angestellt, den er ebenfalls als Beweis für den hier in Frage stehenden Satz anführt. Er sagt[1]): Man kann mittelst einer Volta'schen Säule, ohne sie zu schliessen, einen intermittirenden Strom erhalten, und zwar auf folgende Weise.

Man nehme eine Säule aus 20 bis 30 Plattenpaaren von 5^{cm} im Durchmesser und stelle sie isolirt auf. Man nehme hierauf einen Condensator, bestehend aus zwei Zinnplatten von 1 bis 2^{m} Oberfläche, getrennt durch eine sehr dünne Tafel von Tafft oder Guttapercha. Man isolire diesen Condensator, indem man ihn, wie die Säule, auf ein Gestell mit gefirnissten Glasfüssen bringt.

Durch zwei Drähte setze man jede Condensatorplatte mit jedem Pol in Verbindung, und schalte in den einen Draht einen Kreiscommutator ein, bestehend aus zwei, auf einer lackirten gläsernen Axe befestigten gezahnten Rädern. Die zu diesem Commutator führenden Drähte müssen so geordnet sein, dass, wenn man dreht, das eine Rad die Ladung, das andere die Entladung des Condensators bewirkt.

Endlich bringe man in die Bahn des andern Drahtes ein Galvanometer und versetze den Commutator in rasche Rotation, so dass man etwa 100 Umdrehungen in der Sekunde erhält. Dann sieht man die Nadel um 30 bis 40° abweichen; und selbst mehr, wenn man schneller dreht.

Man kann fragen, ob nicht die beim Condensator als Isolationsschicht dienende Guttapercha-Tafel in sehr schwachem Grade leitend

[1]) Compt. rend. T. XXIX. pag. 521; Pogg. Ann. 79 pag. 333.

sei, und somit einen fast unmerklichen Strom durchlasse, der durch die Intermittenzen nur leichter wahrnehmbar werde.

Um diesen Einwand zu beseitigen, braucht man nur das gezahnte Rad, welshes den Condensator entladet, fortzunehmen; es bleibt dann eine Säule und ein Condensator, beide isolirt, und zwei Verbindungsdrähte, von denen der eine das den etwaigen Strom schliessende gezahnte Rad, und der andere das Galvanometer enthält. Bei dieser Einrichtung bleibt die Nadel unbeweglich, welch' eine Rotations-Geschwindigkeit man auch dem Commutator einprägen möge. Es findet nur eine einmalige Ladung des Condensators statt, und diese reicht nicht hin, die Trägheit der Nadel zu überwinden.

Soll also der Versuch gelingen, muss der Condensator abwechselnd geladen und entladen werden.

Bringt man das Galvanometer in den Draht, welcher die Entladung bewirkt, so weicht die Nadel um eben so viele Grade ab wie beim ersten Versuch, und in der von der Theorie geforderten Richtung.

Bedient man sich einer Säule mit grossen, aber wenigen Platten, so muss man eine raschere Rotations-Geschwindigkeit und eine condensirende Fläche von grösserer Ausdehnung anwenden.

Dieser Versuch, sagt Guillemin beweist überdies, dass, wenn man bei den elektrischen Telegraphen einen Draht durch die Erde ersetzt, diese letztere mehr als gemeinschaftlicher Behälter denn als Vereinigungsmittel beider Enden des Drahtes wirkt.

Schliesslich ist noch eine Untersuchung von Riess[1]) hervorzuheben, welche auch hinsichtlich der Reibungselektricität gegen eine Ausgleichung der entgegengesetzten Elektricitäten durch ein Strömen in der Erde von dem einen zum anderen Pole spricht. „Eine Betrachtung der Wirkungen der Entladung, sagt Riess, hat darauf geführt, dass die Fortpflanzungs-Geschwindigkeil der Entladung nicht von den Dimensionen, sondern von der Materie des Schliessungsbogens abhängt." Andererseits steht aber fest: „Die Erwärmung eines Drahtes durch die Entladung einer constant geladenen Batterie ist der Dauer der Entladung umgekehrt proportional[2])".

Nun ist aber bekannt, dass eine Batterie sich auch noch entladet, wenn der die verschiedenen Belegungen verbindende Draht nicht voll-

[1]) Pogg. Ann. 80 pag. 223; Lehre v. d. Reibungselektricität II. pag. 194.
[2]) Riess Reib.-El. I. pag. 409.

ständig geschlossen ist, dass aber die Entladung um so langsamer von Statten geht, je grösser der beide Enden des Drahtes trennende Raum ist.

Schliesst man daher eine Batterie unvollständig, so wird nach dem obigen Satze die Erwärmung im Drahte um so geringer werden, je grösser die Entfernung der beiden Drahtenden von einander ist, so dass man bei einiger Entfernung derselben schon keine Erwärmung mehr wahrnimmt, während die Entladung doch immer noch stattfindet.

Nun stellte Riess folgendes Experiment an[1]). Die äussere Belegung einer Batterie wurde mit den Gasröhren des Hauses verbunden, die innere mit einem Drahte berührt, der isolirt bis zum Erdboden geführt und mit seinem Ende darin versenkt war. Das Ende des den Erdboden berührenden Drahtes war auf seiner kürzesten Entfernung etwa 50 Fuss von den Gasröhren entfernt. Obgleich nun bei einer solchen Entfernung in der Luft kaum ein Strom, viel weniger eine Erwärmung zu bemerken ist, konnte doch bei der eben angeführten Einrichtung die Erwärmung sehr deutlich gemessen werden. Da nun aber die Erwärmung von der Fortpflanzungs-Geschwindigkeit der Elektricität in dem Leiter abhängig ist, so geht daraus hervor, dass bei dem eben beschriebenen Experiment die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit im Verhältniss zu anderen ungeschlossenen Leitern gross gewesen sein muss. Man könnte nun sagen, die Leitung sei im vorliegenden Falle durch den Erdboden geschlossen gewesen; allein da der Erdboden sehr schlecht leitet, und es bei der Erwärmung nicht auf den Querschnitt, sondern auf die Substanz des Leiters ankommt, kann hier von einer gut leitenden Verbindung durch die Erdschicht nicht die Rede sein. Wir können also auch in diesem Falle den Einfluss der Erde nur so ansehen, dass diese die Elektricität von den beiden sie berührenden Metallflächen des Schliessungsbogens aufnehme, ohne von der ferneren Verbreitung der Elektricität in der Erdmasse selbst den Entladungsstrom abhängig zu machen.

Alle diese Beispiele, denen noch manches andere hinzugefügt werden könnte, sprechen für den Satz: „die Erde dient bei der Aufnahme der beiden Elektroden einer galvanischen Batterie nicht als Verbindung der beiden in sie abfliessenden entgegengesetzten Elektricitäten, sondern als Reservoir zur Aufnahme derselben.“

[1]) Pogg. Ann. 80 pag. 323.

§. 2.
Die oberirdische Leitung.

1. Der Leitungsdraht. Nach der Entdeckung Steinheils, dass man statt des einen Verbindungsdrahtes zweier Stationen den Strom an beiden Orten in die Erde leiten könne, bedarf nun eine jede Verbindung zwischen zwei entfernten Punkten zur Schliessung eines Stromes nur einer Drahtleitung. Man benutzt als leitenden Draht sowohl Kupfer- als Eisendraht, welcher letztere am besten verzinkt angewandt wird.

Obgleich der Eisendraht wegen seines geringeren Preises den Vorzug verdient, so sind doch viele Gründe gegen dessen Anwendung vorhanden. „Die Verzinkung der Eisendrähte, sagt Siemens[1]), ist nur dann von Nutzen, wenn das Zink mit dem Eisen da, wo beide Metalle in Berührung sind, wirklich zusammengeschmolzen ist und in Folge dessen beim Biegen des Drahtes nicht abspringt, oder Risse bekommt. Unverzinkte oder schlechtverzinkte Drähte rosten auch bei grosser Stärke, namentlich bei den Aufhängepunkten, sehr bald derartig, dass die Drähte an diesen Stellen brechen. Wegen dieses Rostens nimmt man die Eisendrähte natürlich möglichst stark, allein starke Drähte müssen stark gespannt werden, damit sie nicht mit anderen in Berührung kommen und verlangen daher auch die Anwendung stärkerer Pfosten.

Die Eisendrähte bieten, im Verhältniss zum Kupfer, dem Strom sehr grossen Widerstand, welcher sich überdies noch sehr mit der Erhöhung der Temperatur steigert. Demnach wendet man nicht den viel theureren Kupferdraht an, weil derselbe dem Diebstahl ausgesetzt ist und eine zu geringe absolute Festigkeit besitzt.

Callan hat bei Gelegenheit einer Untersuchung über die galvanische Zerlegung des Wassers und Erzeugung eines glänzenden Kalklichtes die Bemerkung gemacht[2]), dass Eisen, mit einer Legirung aus Blei und Zinn überzogen, in der das erste Metall überwiegt, nicht allein ein sehr brauchbares negatives Element in der Smee'schen Batterie abgiebt, sondern durch diesen Ueberzug auch gegen den Angriff der Witterung und der Säuren und anderer zerstörenden Stoffe wirksam geschützt werde. Er hat Legirungen aus 1 Theil Zinn mit 1 bis 8 Theilen

[1]) Kurze Darstellung der an den preussischen Telegraphenlinien mit unterirdischen Leitungen gemachten Erfahrungen. Berlin 1851; bei J. Springer.
[2]) Philos. Mag. IV. vol. VII. pag. 73; Brix Journ. I. pag. 179.

Blei untersucht, und giebt an, dass Eisen, welches mit einer dieser Legirungen überzogen ist, weniger leicht oxydirt und den Witterungseinflüssen leichter widersteht als Blei und verzinktes Eisen. Er empfiehlt daher einen solchen Ueberzug für die Telegraphendrähte. Ein Zusatz von Zink erhöht die Härte des Ueberzuges, beeinträchtigt aber dessen Dauerhaftigkeit; dagegen macht etwas Antimon den Ueberzug nicht allein härter, sondern auch haltbarer und witterungsbeständiger.

Bucklin aus New-York giebt an, dass man einen gut haftenden, dauerhaften und gegen die Witterungseinflüsse schützenden Kupferüberzug erhalte, wenn man das Eisen erst nach einem der bekannten Verfahren mit irgend einem vermittelnden Metalle, etwa Zink, überzieht und dann in ein Bad von schmelzendem Kupfer taucht. Durch mehrmalige Wiederholung dieses Verfahrens kann man der Kupferhaut jede beliebige Dicke geben; auch kann statt des Kupfers Messing oder eine andere Legirung angewendet werden. Brix schlägt vor, eine dickere Eisenstange in der genannten Weise mit einem starken Kupferüberzuge zu versehen, und sie dann zu Draht auszuziehen.

Romerhausen hat als bestes Schutzmittel für eiserne Leitungsdrähte, welches zugleich der durch Galvanisirung bewirkten Strukturveränderung des Eisens vorbeugt, einen guten, aber von Zeit zu Zeit erneuten Anstrich von Leinölfirniss erprobt. Es bildet sich so allmälig eine dickere Kruste auf dem Drahte, die ihn sehr vollkommen schützt; zu den späteren Anstrichen ist mit Vortheil auch Steinkohlentheer verwendet worden. Ein so behandelter, eine Linie starker Eisendraht erwies sich nach Verlauf von $10^1/_2$ Jahren noch vollkommen wohl erhalten und biegsam. Gegen diesen Anstrich ist nur einzuwenden, dass derselbe wegen seiner Wiederholung ziemlich kostspielig und, da er bei trocknem Wetter erfolgen muss, bei sehr ausgedehnten Leitungen schwer zu bewirken ist.

In der deutschen Telegraphen-Verwaltung wird Eisendraht von 6; 5,4; 4 und $2,7^{mm}$ Durchmesser verwendet.

Die drei ersten Sorten erhalten in der Fabrik selbst dadurch, dass sie noch heiss in Leinöl getaucht werden, einen ziemlich fest haftenden Ueberzug von verdicktem Leinöl. Dieser Ueberzug hat indess nur den Zweck, den Draht bis zu seiner Verwendung vor Rost zu schützen. Der Draht von $2,7^{mm}$ Durchmesser wird verzinkt. Derselbe wird in solchen Fällen angewendet, in denen das grosse Gewicht des stärkeren Drahtes hinderlich wird.

Nach den Messungen des Telegraphen-Directors Ludewig, welche derselbe im Bezirk Cöln anstellte, hat sich die Stärke des unverzinkten

Drahtes jährlich um fast $^1/_{50}$ Linie oder 0,0435^{mm} durch Rosten vermindert.

2. Die Telegraphenstangen. Der Telegraphendraht wird nun auf Stangen über der Erde hingeleitet. Die erste von Steinheil[1]) ausgeführte grössere Leitung ging über die Dächer der Stadt hin, dagegen war der Draht im Freien durch Flossbäume unterstützt, welche 40 bis 50 Fuss hoch und in 600—800 Fuss Entfernung von einander waren. Auf diesen Bäumen war der Draht an einem mit Filz umwickelten Querholz befestigt.

Die in der deutschen Telegraphen-Verwaltung angewandten Stangen sind 6,75; 8,25 und 9,75^m hoch und ihre Entfernungen variiren nach Terrain-Verhältnissen zwischen 40 und 75 Meter.

Als Stangen sind je nach den Umständen Kiefern, Tannen, Lärchen und Weymuthskiefern in Anwendung, jedoch giebt man stets den Kiefern (Pinus sylvestris) den Vorzug.

Um die Stangen zu conserviren, brannte mau dieselben am unteren Ende an oder gab ihnen einen Anstrich von Asphalt. Ausserdem versuchte man das Eingraben in die Erde dadurch zu umgehen, dass man die Stangen in eine eiserne Muffe setzte, die vermittelst einer daran befindlichen langen Erdschraube in dem Boden befestigt wurde.

Alle diese Vorkehrungen hatten indess nicht den gehofften Erfolg. Derselbe ist erst in neuerer Zeit durch das Imprägniren der Stangen mit fäulnisswidrigen Substanzen gewonnen.

Als solche Substanzen verwendet man Kupfervitriol, Zinkchlorid creosothaltiges Theeröl.

Die Imprägnation mit Kupfervitriol ist die am meisten verbreitete. Dazu wird eine Lösung von $^1/_2$ Theilen Kupfervitriol in 100 Theilen Wasser hergestellt und dieselben von einem etwa 12 Meter hohen Gerüst durch Röhren zu dem Stammende der etwas geneigt liegenden Stangen geleitet. Vor dem Stammende wird ein Hanfstrang oder ein Gummiring mittelst eines vorgelegten Brettes und eines hölzernen Riegels mit Hakenschrauben befestigt, so dass sich zwischen diesem Brett und dem glatt bearbeiteten Stammende ein Zwischenraum befindet. Das Brett hat ein conisches Loch, in welches ein hölzerner durchbohrter Zapfen getrieben wird. Das von dem Gerüst herabgehende Hauptrohr endigt am Boden in einem horizontalliegenden Querrohr, von welchem aus durch kleine Zweigröhren vermittelst Gummischläuchen die Lösung zu

[1]) Dingler's Journal 70 pag. 292.

den vorgelegten Stangen geleitet wird. Die Lösung wird durch den starken Druck, den die Flüssigkeit von der bedeutenden Höhe ausübt, in die Stangen eingetrieben, füllt alle Zellen des Holzes aus und treibt die in denselben befindliche Luft und den Baumsaft zum Zopfende der Stangen, wo derselbe ausfliesst. Der Prozess wird so lange fortgesetzt, bis der am Zopfende austretende Saft 1% Kupfervitriol enthält. Der Splint des Holzes ist dann ganz von der Kupfervitriollösung durchdrungen, die Stangen werden dann abgenommen und von der Rinde befreit. Die Kosten dieser Imprägnirung betragen pro Kubikmeter etwa $6^1/_2$ Thlr.

Behufs der Imprägnirung mit Zinkchlorid wird folgendermassen verfahren. Die Stangen werden in lange schmiedeiserne Cylinder von 2—2,5^m Durchmesser und 12—13^m Länge gebracht, welche an einem Ende geschlossen und am anderen mit einem luftdicht schliessbaren Deckel versehen sind. Die Kessel sind mit Sicherheitsventil, Lufthahn und Manometer versehen und stehen mit einer Luftpumpe, einer Druckpumpe, einem Reservoir und der die Pumpen treibenden Dampfmaschine in Verbindung. Die Hölzer werden zunächst durch möglichst stark gespannten Dampf ausgelaugt, wodurch nicht allein eine Menge Saftbestandtheile entfernt, und die Poren für die Präparirflüssigkeit geöffnet werden, sondern auch das Gerinnen des Eiweisses in dem zurückbleibenden Safte bewirkt, und so die Fäulniss dieses Stoffes verhindert wird. Darauf werden die Kessel evacuirt, und dann mit der Präparirflüssigkeit, welche im Verhältniss von 1 : 30 mit Wasser verdünntes Zinkchlorid ist. Nun folgt der Druckprozess, wodurch die Flüssigkeit unter einem Druck von 8—10 Atmosphären in die Poren der Hölzer gedrängt wird, eine Arbeit, welche etwa 3 Stunden dauert.

Die Kosten dieses Verfahrens belaufen sich auf etwa 7 Thaler für 3 Kubikmeter.

Behufs der Imprägnation mit creosothaltigem Theeröl werden zunächst die Stangen in besondere Darröfen bis auf 140 Grad Cels. erhitzt, um das Wasser auszutreiben und die eiweissartigen Stoffe zu coaguliren und zu zerstören. Die getrockneten Stangen werden dann in die Prägnirkessel gebracht, diese evacuirt und nun das auf circa 50° Cels. erwärmte Theeröl eingelassen. Nachdem der Kessel gefüllt ist, wird eine Druckpumpe in Thätigkeit gesetzt und so viel Theeröl zugepumpt, bis ein Druck von 6—7 Atmosphären erreicht ist. Dieser Druck wird eine Stunde lang unterhalten.

Die so imprägnirten Stangen haben ein schwarzbraunes Ansehen und enthalten pro Kubikmeter etwa 150 Kilogr. Theeröl.

Die Kosten sind pro Kubikmeter auf etwa $8^1/_2$ Thaler zu veranschlagen. Die deutsche Telegraphen-Verwaltung verwendet nur Stangen, welche nach einer dieser Methoden imprägnirt sind. Die Dauer der mit Kupfervitriol imprägnirten Stangen kann man auf 15 Jahre veranschlagen. Bezüglich der mit Theeröl imprägnirten wird eine weit längere Dauer zwar vielerseits behauptet, es stehen jedoch durchaus keine maassgebenden Resultate bis jetzt fest.

Nielsen, Telegraphendirektor in Norwegen, hat die Imprägnation mit Kupfervitriol auch so bewirkt[1]), dass er in die Stangen drei Löcher von 1^{cm} Durchmesser bohrte, die sich nach unten senkten und mit Kupfervitriolcrystallen gefüllt wurden. Nach vier Monaten fand man die gefüllt gewesen Löcher leer, und der Kupfervitriol hatte sich durch das Holz verbreitet, und war nach 2 Mal wiederholtem Füllen der Löcher bereits bis zur Spitze der 24 Fuss hohen Stange gelangt, während die Löcher sich 1, 2 und 3 Fuss vom Boden befanden.

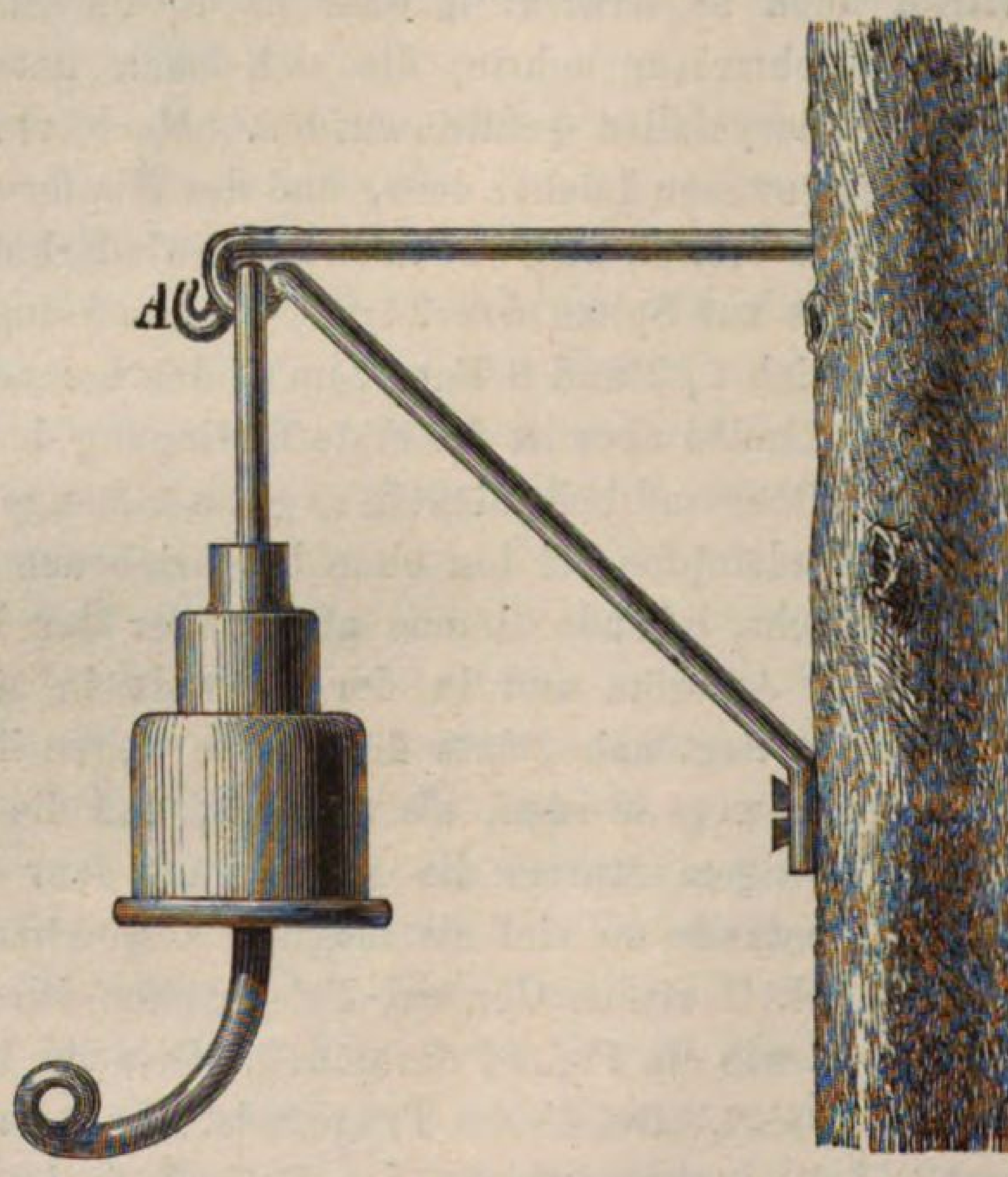
Unter allen Umständen aber ist die erste Bedingung des guten Erfolges die, dass die Saftbestandtheile nicht in zu grosser Menge vorhanden sind; deshalb das Ausdämpfen bei den oben beschriebenen Verfahren.

Ferner ist versucht, lebende Bäume als Träger der Leitung zu benutzen, welches in Amerika und in der Schweiz in Anwendung gebracht ist; allein es liegt nahe, dass die Bäume wegen ihrer Krone bei Sturm viel mehr bewegt werden, als Stangen, und die Erfahrung lehrte, dass nach heftigem Sturme die Leitung oft sehr beschädigt war. Um diesem Umstande so viel als möglich abzuhelfen, hat von Chauvin, der Kaiserl. Deutsche General-Telegraphen-Direktor, eine Einrichtung getroffen, wie die Fig. 74 darstellt[2]). Dieselbe hat sich bis jetzt bei Stürmen bewährt. Bei diesen Trägern ist der Isolator beweglich aufgehängt und die Stange, welche den Draht hält, ist gekrümmt, so dass bei Schwankungen derselbe nicht gegen den Baum geschlagen werden kann. Ueberdies ist die Oese *A*, welche in den festen Halter eingreift, so gebogen, dass die ganze Leitung nicht nach oben geschleudert werden kann, selbst wenn der Sturm derselben eine sehr starke Bewegung ertheilen sollte. Bei heftigem Sturme kann der Isolirkopf möglicherweise gegen die Stütze oder den Baum geschleudert werden, und deshalb ist dieser mit einem gusseisernen Mantel umgeben, welcher eine derartige Bewegung unschädlich macht. Derartige Isolatoren — Pendelisolatoren genannt — sind auf der Linie Danzig-Cöslin verwendet.

[1]) Brix Journal IV. pag. 128. [2]) Brix Journal V. pag. 294.

Nur das grosse Anlage-Capital kann der Grund sein, weshalb die Stützen der Leitung bisher aus so unsolidem Material angefertigt worden sind. Nachdem jedoch bereits 1852 von Treviso bis Tagliamento steinerne Obelisken von $4^1/_2$ Meter Höhe (Fig. 75) benutzt worden sind[1]), hat man in neuester Zeit in der Schweiz, auf der Strecke von Sissach nach Olten, eiserne Träger statt der Holzstangen mit Erfolg in Anwendung gebracht. Ebenso wurden für die Leitungen an der Bahn von

Fig. 74.



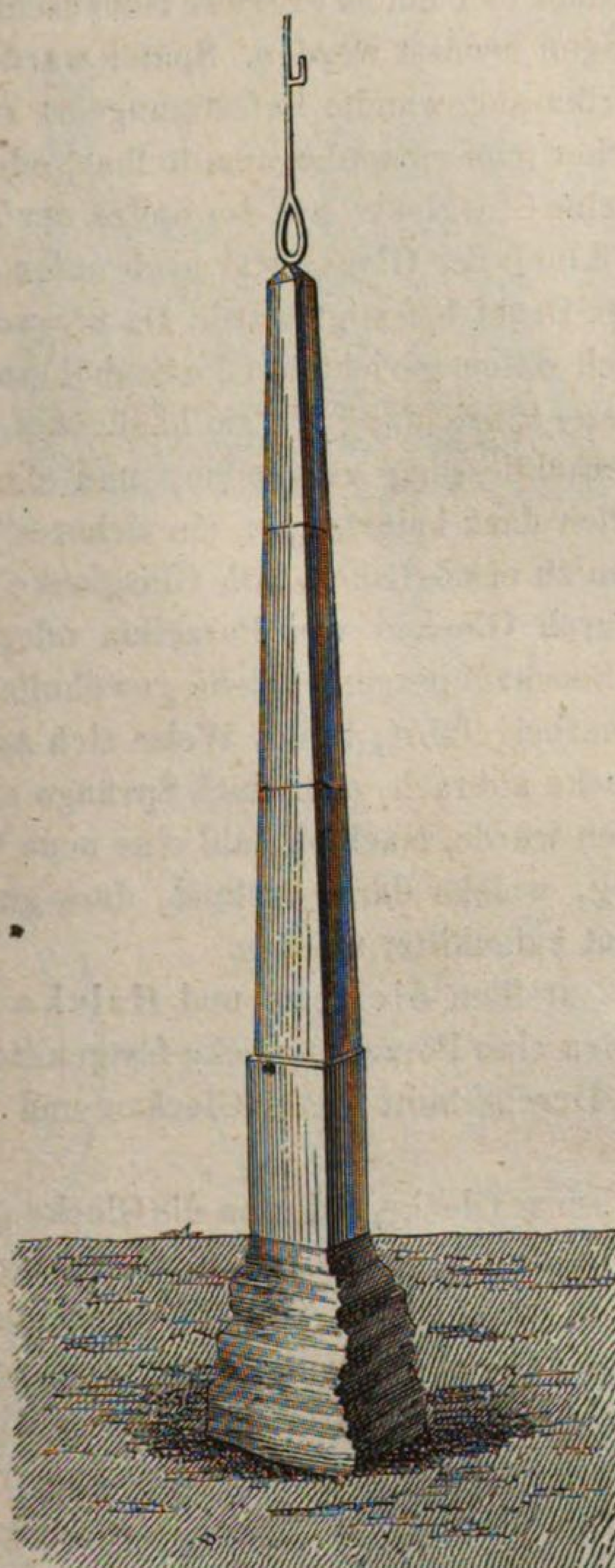
Weissenfels nach Gera, auf Anregung des früheren Mitgliedes der Preuss. Telegraphen-Direction, Königl. Preuss. Bauraths Borggreve, Träger aus Stein und Eisen aufgestellt. Auf 2^m hohen Sandsteinsockeln, welche $0{,}210^m$ Stärke haben, sind schmiedeeiserne Röhren eingelassen und mit Blei vergossen.

Bis jetzt haben sich jedoch eiserne Stangen keinen allgemeinen Eingang verschafft, weil die Verwaltungen vor den bedeutenden Anlegekosten zurückschrecken und auch alle bisher angewendeten Constructionen sich durchaus nicht in genügendem Maasse bewährt haben.

[1]) Brix Journal I. pag. 150.

3. Der Isolirkopf. Wir haben bereits erwähnt, dass die von Steinheil angewandten Stangen oben den Draht mit einer Filzunterlage trugen. Man wird aber leicht einsehen, dass der Draht auf diese

Fig. 75.



Weise, besonders bei feuchter Witterung, sehr wenig oder gar nicht von der Erde isolirt ist, und dass mithin eine jede Stange einen Theil des in dem Drahte fortzuleitenden Stromes zur Erde abführen muss, wodurch denn der Strom sehr bald in dem Grade geschwächt wird,

dass er nicht mehr im Stande ist, auf der Station die Apparate in Bewegung zu setzen.

Man isolirte darauf, besonders in England, den Draht einfach durch eine Porzellanhülse, durch die der Draht gezogen ist. Bei nasser Witterung bilden sich nun hier um so grössere Nebenschliessungen, je mehr Porzellan und Stangen benässt werden. Später ward ziemlich allgemein die zuerst in Amerika angewandte Befestigungsart zur Ausführung gebracht, nach welcher man entweder unmittelbar, oder mit Hülfe eines eisernen Trägers, eine Glasglocke auf der Spitze der Telegraphenstange befestigte. Die Höhlung der Glocke war nach unten gekehrt, während über der Glocke der Draht befestigt ward. Da nun so bei herabstömendem Regen die nach unten gerichtete Glockenhöhlung trocken bleiben muss, so ist mit dieser Einrichtung die am häufigsten vorkommende und gefährlichste Nebenschliessung vermieden, und die Anwendung der Glocke hat vorzüglich dazu beigetragen, ein sicheres Telegraphiren auf grosse Entfernungen zu ermöglichen. Die Glasglocke ward ohne grosse Abänderung oft durch Glocken von Porzellan oder Steingut ersetzt, allein die häufigen Beschädigungen, welche gewöhnlich, durch meteorologische Einflüsse herbeigeführt, in der Weise sich äusserten, dass der obere Theil der Glocke abbrach, oder doch Sprünge erhielt, so dass die Isolirung aufgehoben wurde, machten bald eine neue Vervollkommnung der Isolirung nöthig, welche darin bestand, dass gusseiserne Kappen auf den Porzellanhut aufgekittet wurden.

Im Jahre 1852 stellten Siemens und Halske ganz gusseiserne Glocken her, in denen eine Porzellanglocke festgekittet ist. Die Fig. 76 und 77 stellen den Durchschnitt dieser Glocken und eine Ansicht von oben dar[1]).

a ist die gusseiserne Glocke, *b* der an die Glocke gezogene Flansch, *c* der Drahtträger, welcher in der Porzellanhülse festgekittet ist und an der unteren Oese den Draht trägt. Als Kitt brauchteu die Verfertiger Schwefel, gemischt mit Caput mortuum (Feuerherdsroth).

Etwas später als diese in mehreren deutschen Mittelstaaten eingeführten Glocken brachte man in Preussen ähnliche zur Anwendung, bei denen jedoch der Draht oben an der Eisenglocke festgeklemmt ist. Die Fig. 78 giebt einen Durchschnitt dieser Vorrichtung[2]).

Als Kitt benutzte man später statt des Schwefels Colophonium, gemischt mit Ziegelmehl.

[1]) Brix Journal IV. pag. 5. [1]) Brix Journ. II. pag. 134.

Durch alle diese Vorrichtungen sind nun zwar die Leitungsdrähte im grossen Ganzen isolirt, allein bei feuchtem Wetter, wenn die Atmosphäre beinahe oder ganz mit Wasserdampf gesättigt ist, macht dieser auch die innere Glocke feucht, so dass alsdann, wenn dieselbe aussen

Fig. 76.

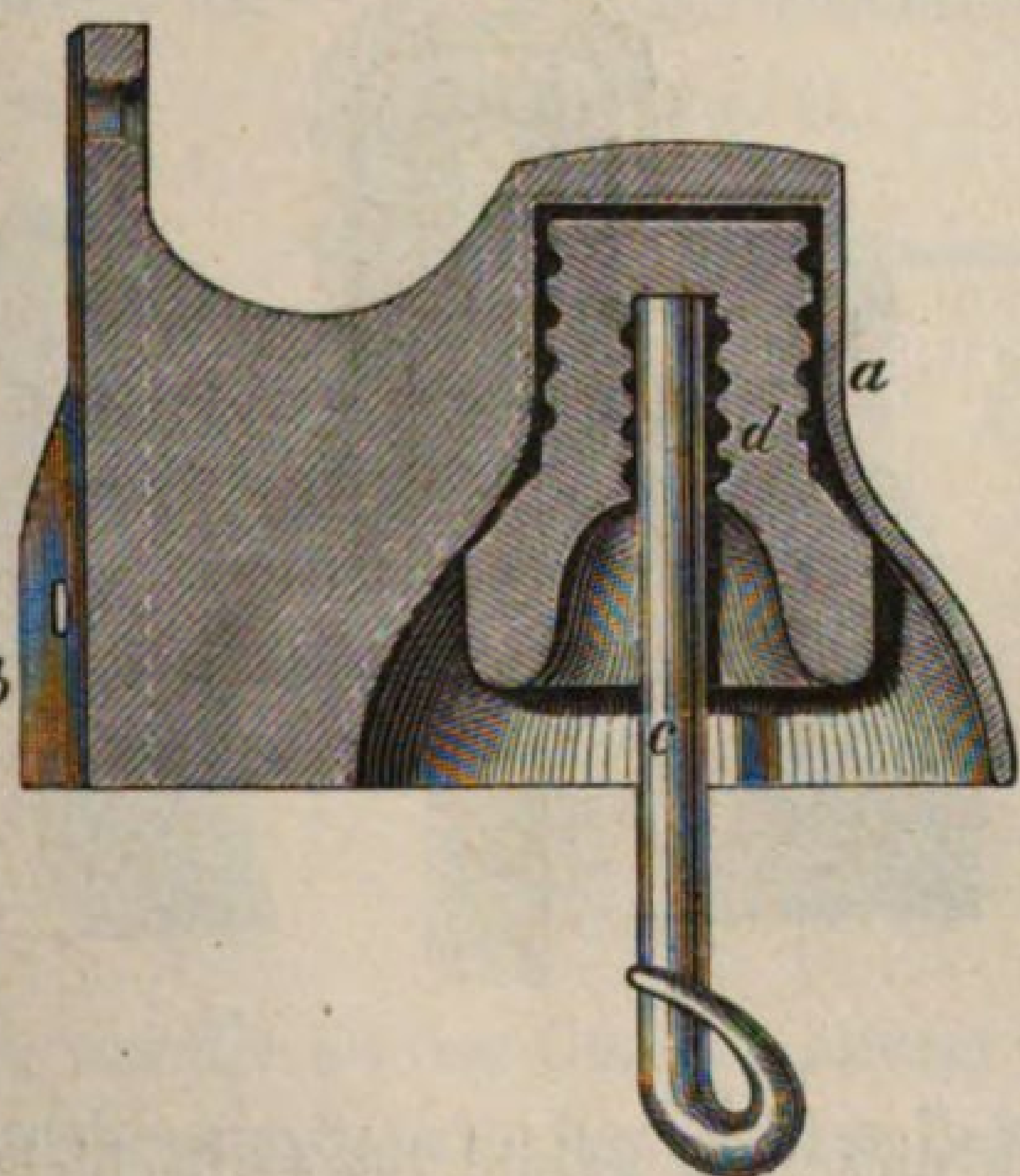
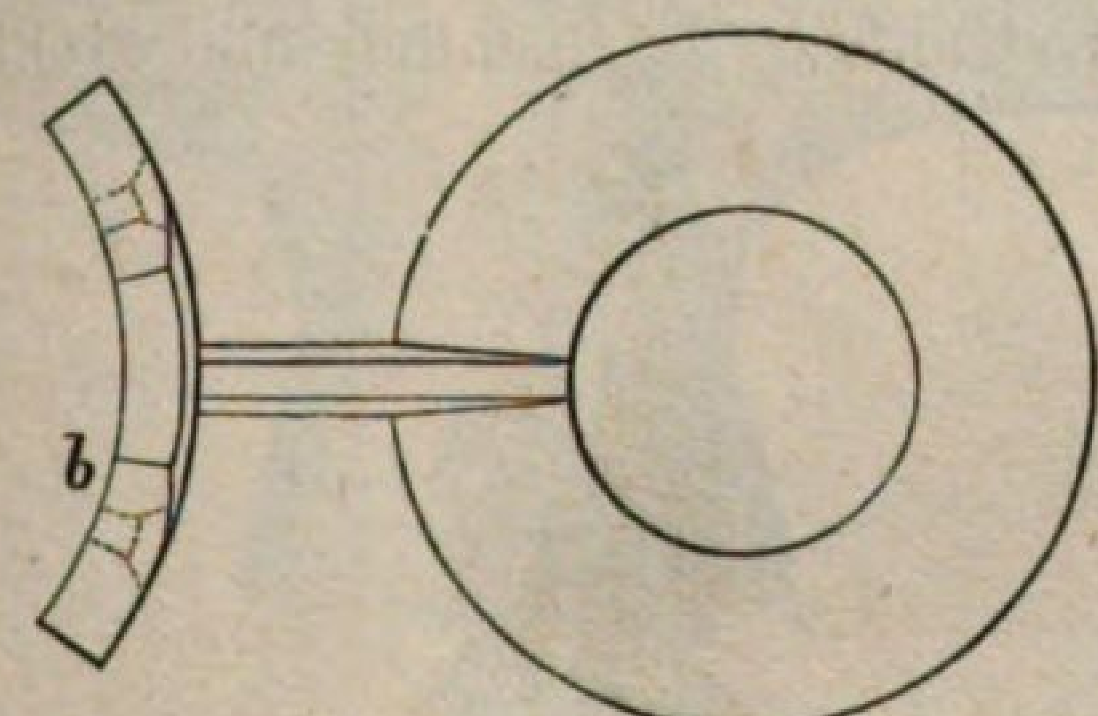


Fig. 77.

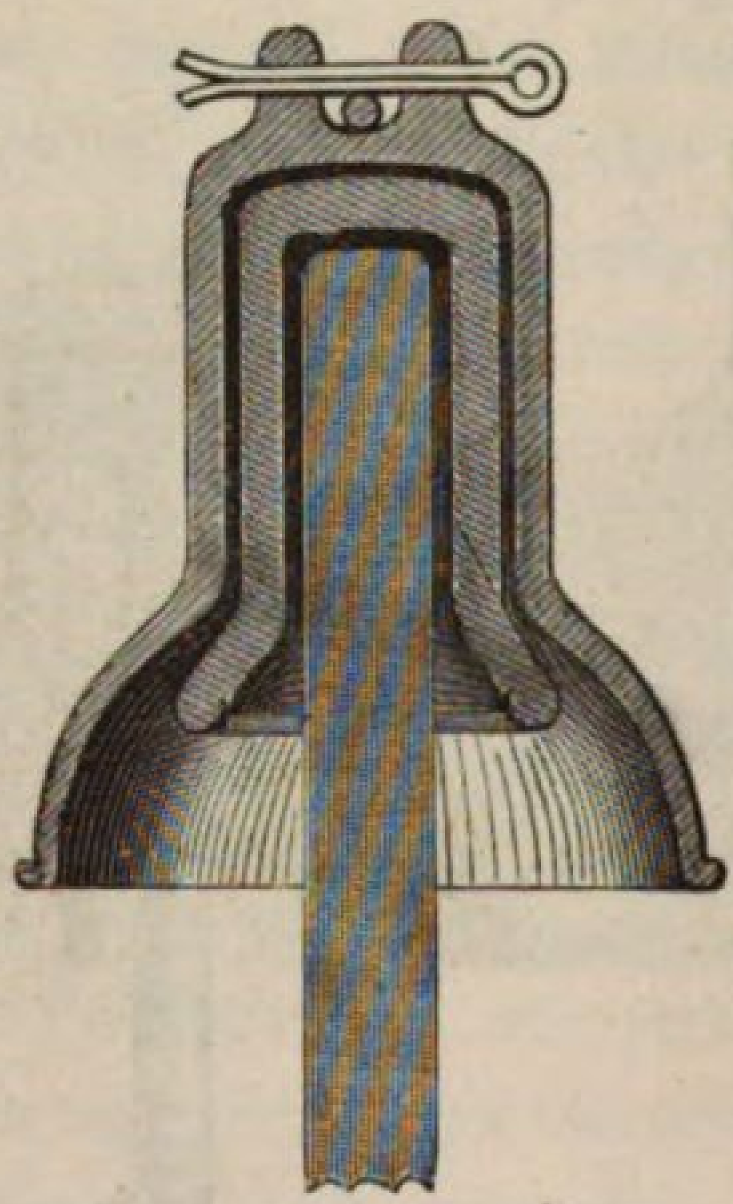


durch Regen nass ist, dem Strome ein Weg zur eisernen Isolirstange und über den nassen Holzpfahl zur Erde geboten wird. Hierdurch wird dann bei so häufiger Wiederholung an jeder Stange der Strom so sehr geschwächt, dass er die auf grosse Strecken zu führende Correspondenz unterbricht. Dieses Feuchtwerden der Glocke im Innern ist nun nicht absolut zu verhindern, allein von Chauvin hat später den Uebelstand besonders dadurch zu heben, oder doch so weit wie möglich zu verringern gesucht, dass er den Isolirköpfen die Form der Fig. 79 gegeben hat[1]).

[1]) Brix Journ. pag. IV. 237.

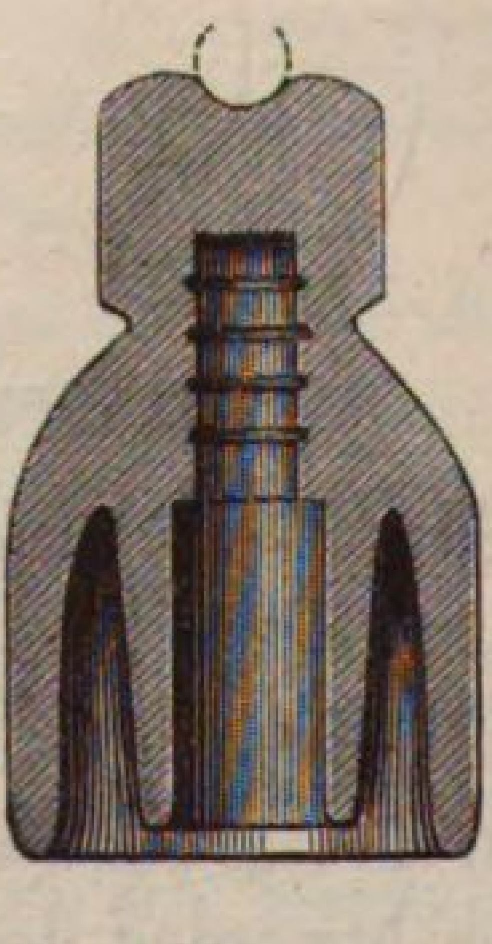
Dieselbe unterscheidet sich von den früheren besonders dadurch, dass die inneren Höhlungen der Glocke möglichst tief und eng sind,

Fig. 78.



wodurch die durch dieselben gebildeten Luftschichten möglichst hoch gemacht werden, und weder einen leichten Zutritt dem Winde, noch eine ungünstig Abkühlung für die innere Glocke gestatten. Diese Abkühlung durch Ausstrahlung ist nämlich die wichtigste Ursache für

Fig. 79.



das Niederschlagen des Wasserdampfes an den inneren Wänden der Glocke. Durch die tiefen Einschnitte der Höhlungen der Doppelglocke wird endlich noch der Weg des Stromes, sobald er von dem Drahte zur Stange gelangen soll, vergrössert, und so der sich demselben entgegensetzende Widerstand vermehrt, d. h. die Ableitung geringer gemacht.

Die Porzellan-Doppelglocken sind gegenwärtig für alle Leitungen der deutschen Telegraphen-Verwaltung in Gebrauch und haben sich seit ihrer Einführung in allen Fällen auf das Vorzüglichste bewährt.

Die bis jetzt über diese Doppelglocken an der Leitung von Berlin nach Köln gemachten Beobachtungen bei nebeligem Wetter haben das günstige Resultat gezeigt, dass die durch Nebenschliessungen verloren

Fig. 80.

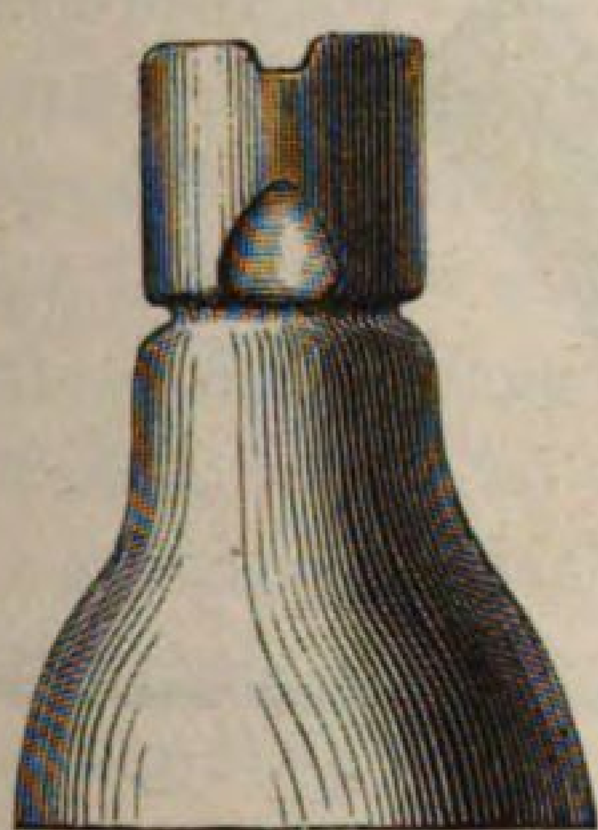
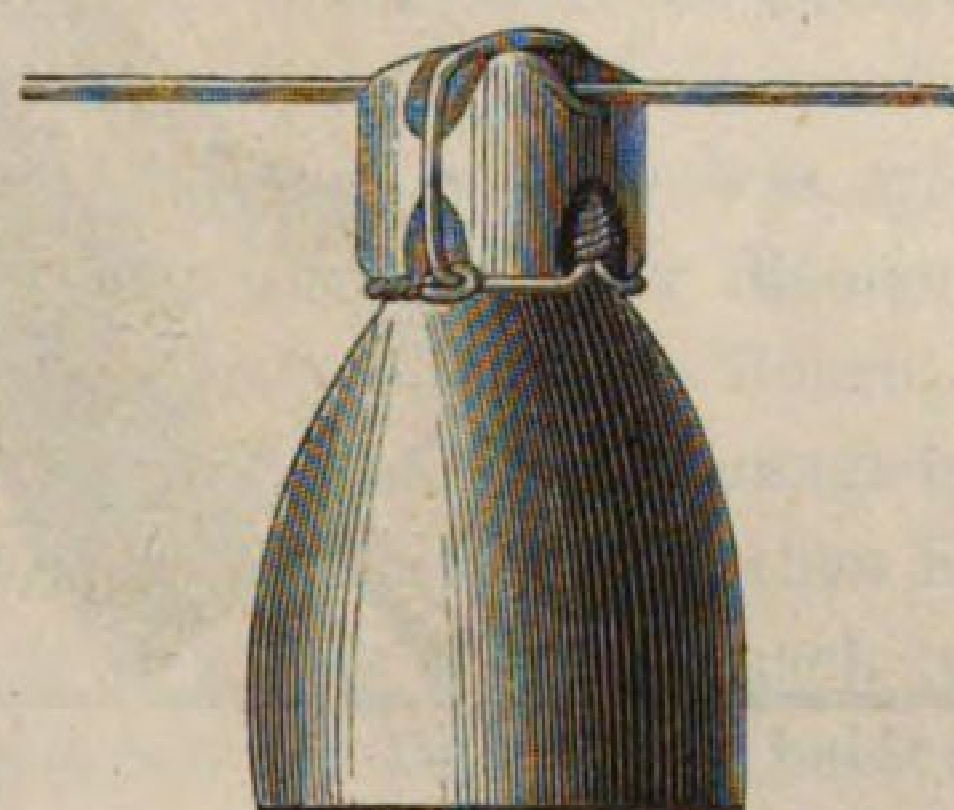
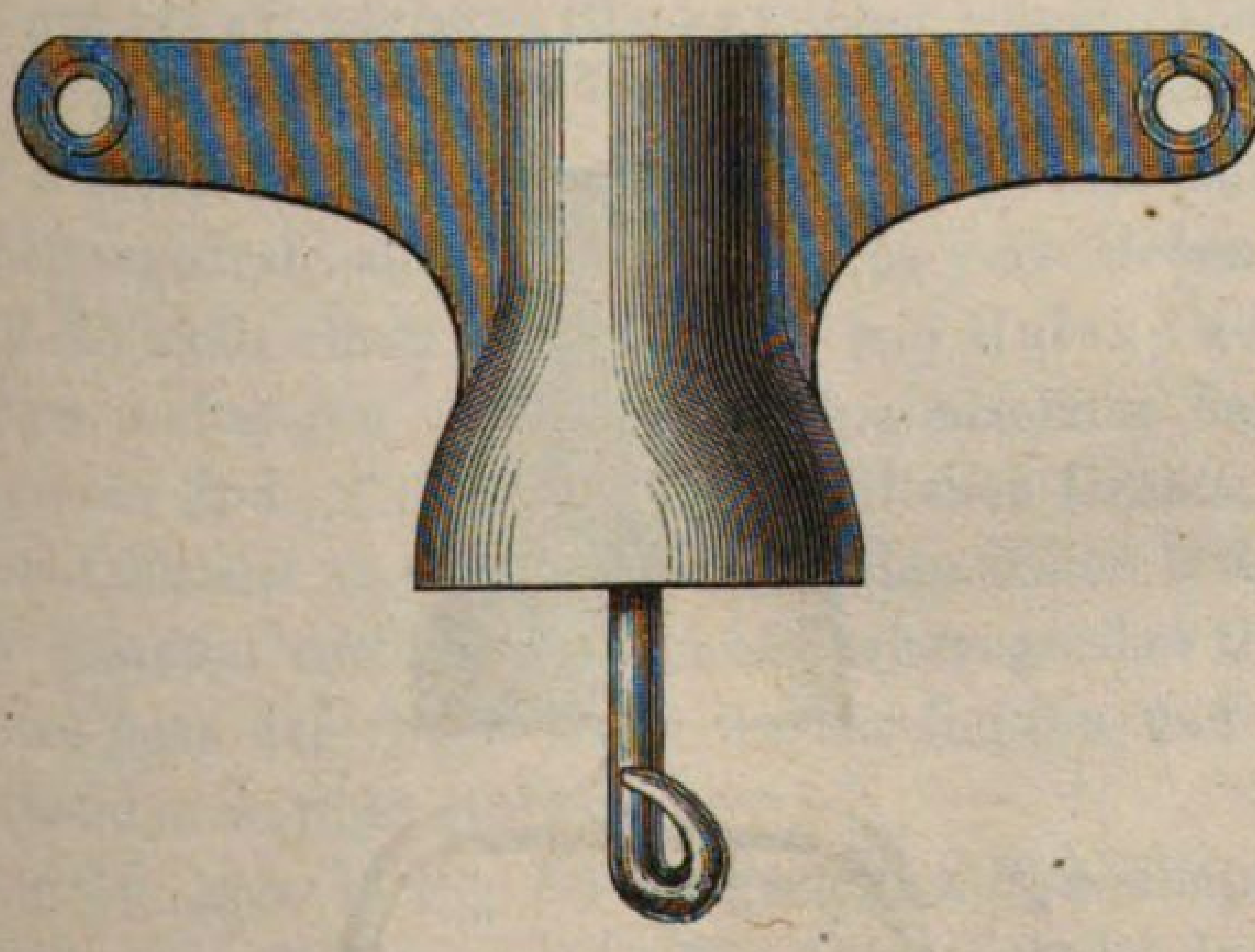


Fig. 81.



gehende Kraft nur $^1/_8$ von der an den Glocken älterer Art war, welche sich auf derselben Strecke zum Schutze der anderen Leitungen befanden.

Fig. 82.



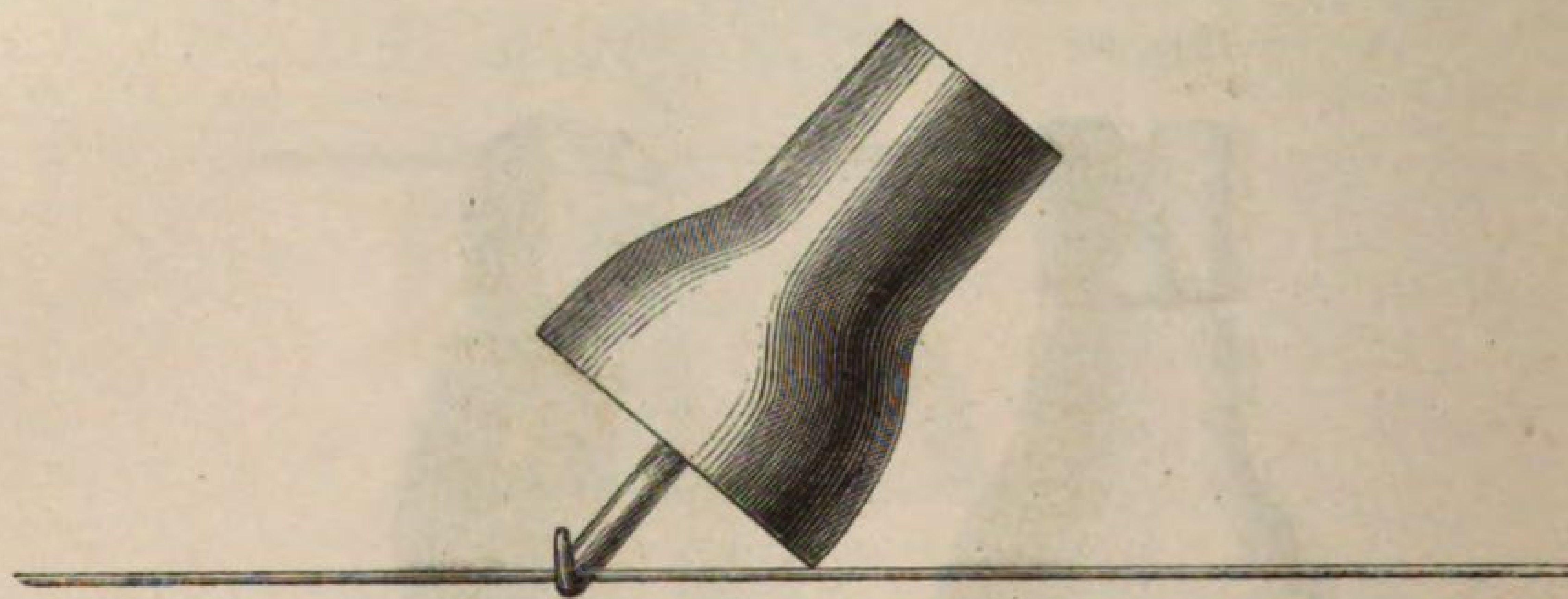
Diese letzteren bestanden entweder aus einfachen Porzellanglocken oder aus solchen mit eiserner Kappe, wie die Fig. 80 und 81 zeigen.

In Fällen, wo der Draht mitten über Strassen hingehen soll, auf denen keine Stangen stehen dürfen, wurde früher noch eine Art Hängeglocken angewandt, welche Frischen beschreibt[1]). Dieselben wurden an

[1]) Brix Journal V. pag. 135.

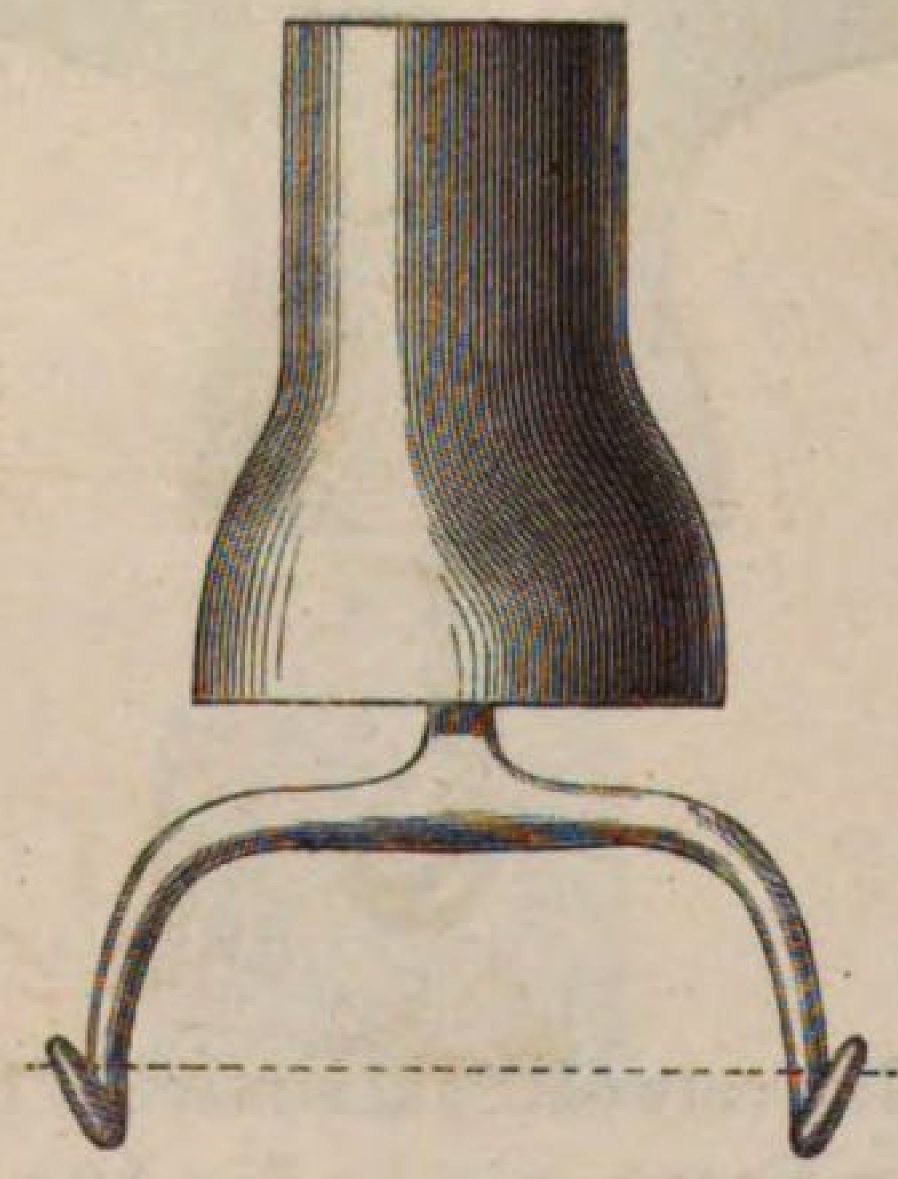
starken Drähten aufgehängt, die quer über den Weg gespannt sind. Die ursprüngliche in Fig. 82 dargestellte Form litt an dem Uebelstande, dass durch Einwirkung des Windes die Glocken in der Weise, wie Fig. 83 zeigt, verschoben wurden, und so eine Lage annahmen, in der der

Fig. 83.



Leitungsdraht den Rand der Glocke berührte, so dass eine vollständige Leitung mit dem Erdboden vermittelt wurde. Die Fig. 84 stellt eine Hängeglocke mit doppeltem Traghaken dar, wodurch eine Verschiebung in der oben bezeichneten Weise unmöglich wird.

Fig. 84.



4. Der Spannkopf. Der über die Isolirköpfe lose gehängte Draht gleitet an den Aufhängepunkten und erfährt ausserdem nach und nach eine mehr oder weniger grosse Dehnung. Der Bogen zwischen zwei auf einander folgenden Stangen wird so allmälig tiefer. Deshalb war es bei dieser losen Aufhängung der Drähte nöthig, besonders auf

den Leitungen, wo mehrere Drähte unter einander befestigt sind, dem Drahte von Zeit zu Zeit wieder die richtige Spannung zu geben. Zu diesem Zwecke dienten Spannvorrichtungen, deren man bis 10 Stück auf einer Meile anbrachte.

Die häufig angewandte Einrichtung dieser Art bestand darin, dass neben einander in einer Entfernung von zwei Fuss zwei starke Stangen standen, die an ihrem oberen Ende durch ein Eisenband verkuppelt waren, damit sie dem Zuge des Drahtes nach einer oder der anderen Richtung besser widerstehen konnten, und die statt der gewöhnlichen Isolatoren sogenannte Spannköpfe trugen. Dieselben waren etwas grösser als die gewöhnlichen Isolirköpfe und trugen oben statt der Riemen dieser eine in der Richtung der Leitung gelegene cylindrische Röhre, welche der Länge nach einen Schlitz hatte zur Aufnahme des Leitungsdrahtes. Mittelst zweier gusseiserner Backen, welche einen konischen Keil bildeten und feilenartig rauh gemacht waren, wurde der Draht nach der Spannung festgekeilt. Auf diese Weise wurden die Drähte von beiden Seiten her an den beiden Pfosten gespannt und dann durch Kupferdrahtspiralen mit einander verbunden. Hierbei ist zu bemerken, dass die Drähte auf den Strecken, wo Spannvorrichtungen existiren, nicht um die übrigen Isolirköpfe herumgeschlungen sein dürfen, weil sonst eine Spannung des Drahtes nur bis zur nächsten Glocke reichen würde. Die Befestigung der Drähte an den Isolirköpfen muss in diesem Falle vielmehr so stattfinden, wie die Fig. 80 und 81 zeigen, bei denen der mit Bindedraht gehaltene Leitungsdraht sich über den Köpfen verschieben kann.

Die Fig. 85 stellt einen von Siemens und Halske auf den früher Hannoverschen Leitungen angewandten Spannisolator dar[1]), welcher einen am unteren Ende T förmig ausgeschnittenen Drahtträger hat, in dem der Draht mittelst einer Schleife zu beiden Seiten festgekeilt wird. Die Schleife gestattet mittelst der Spannwerkzeuge den Draht nachzuspannen, ohne dass der Draht dabei durchschnitten und mit Kupferspiralen verbunden werden müsste.

Kohl giebt einen in Fig. 86 dargestellten Spannkopf an[2]). Der Isolirkopf ist in einer Weise, wie die Fig. zeigt, mittelst des Eisenstabes *a* um eine vertikale Axe drehbar. Durch diese Drehung wickelt sich der am Isolirkopf in geeigneter Weise befestigte Leitungsdraht um denselben, und kann so gespannt und wieder nachgelassen werden.

Etwas complicirter, aber in mancher Beziehung wohl angemessener und vortheilhafter construirt, ist ein von Matzenauer angegebener

[1]) Brix Journal IV. pag. 3. [2]) Brix Journal V. pag. 101.

Spannkopf[1]), dessen Einrichtung aus der Fig. 87 zu ersehen ist. Die Figur stellt die Vorrichtung zur Hälfte im Durchschnitt dar. Der eigent-

Fig. 85.

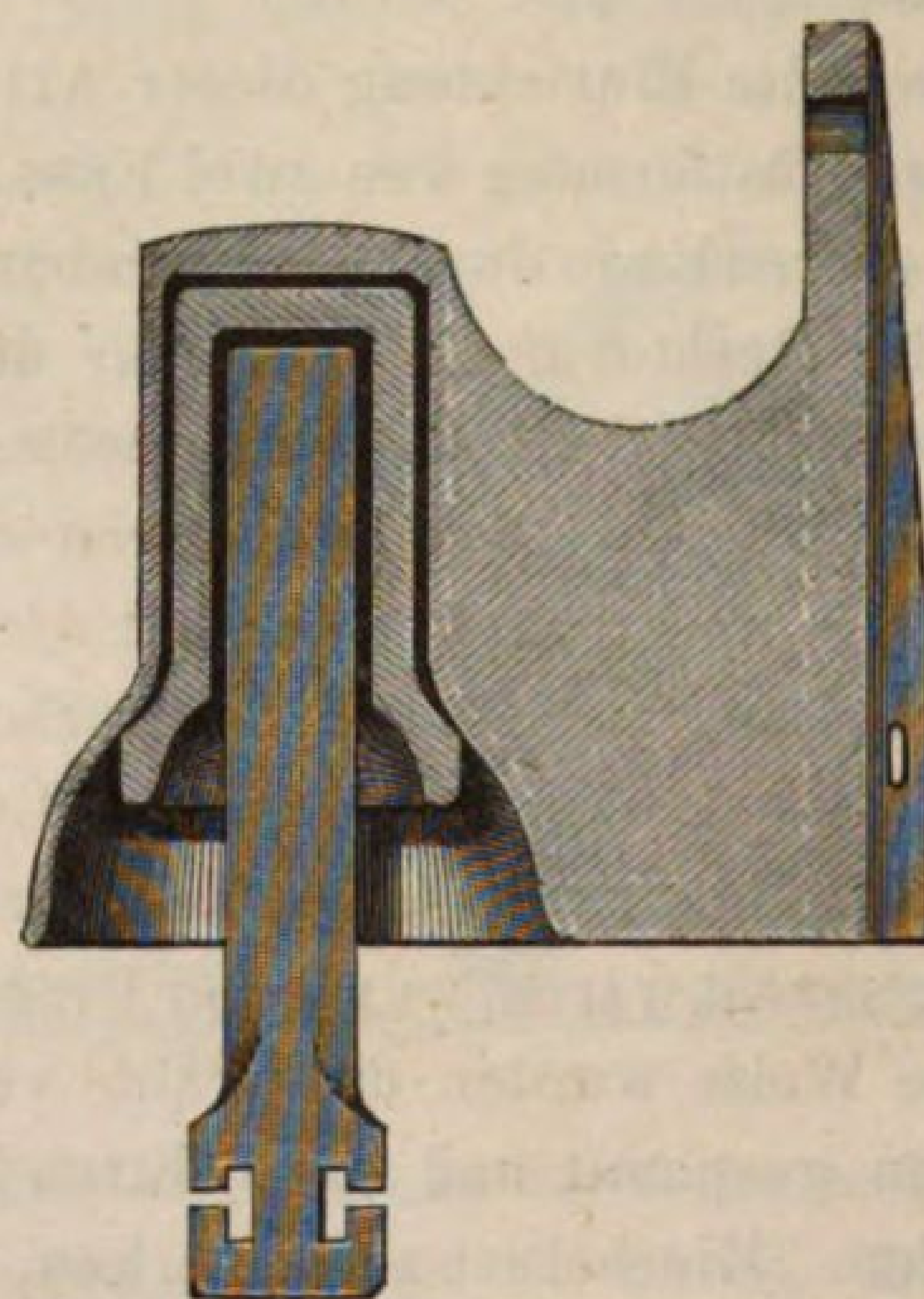
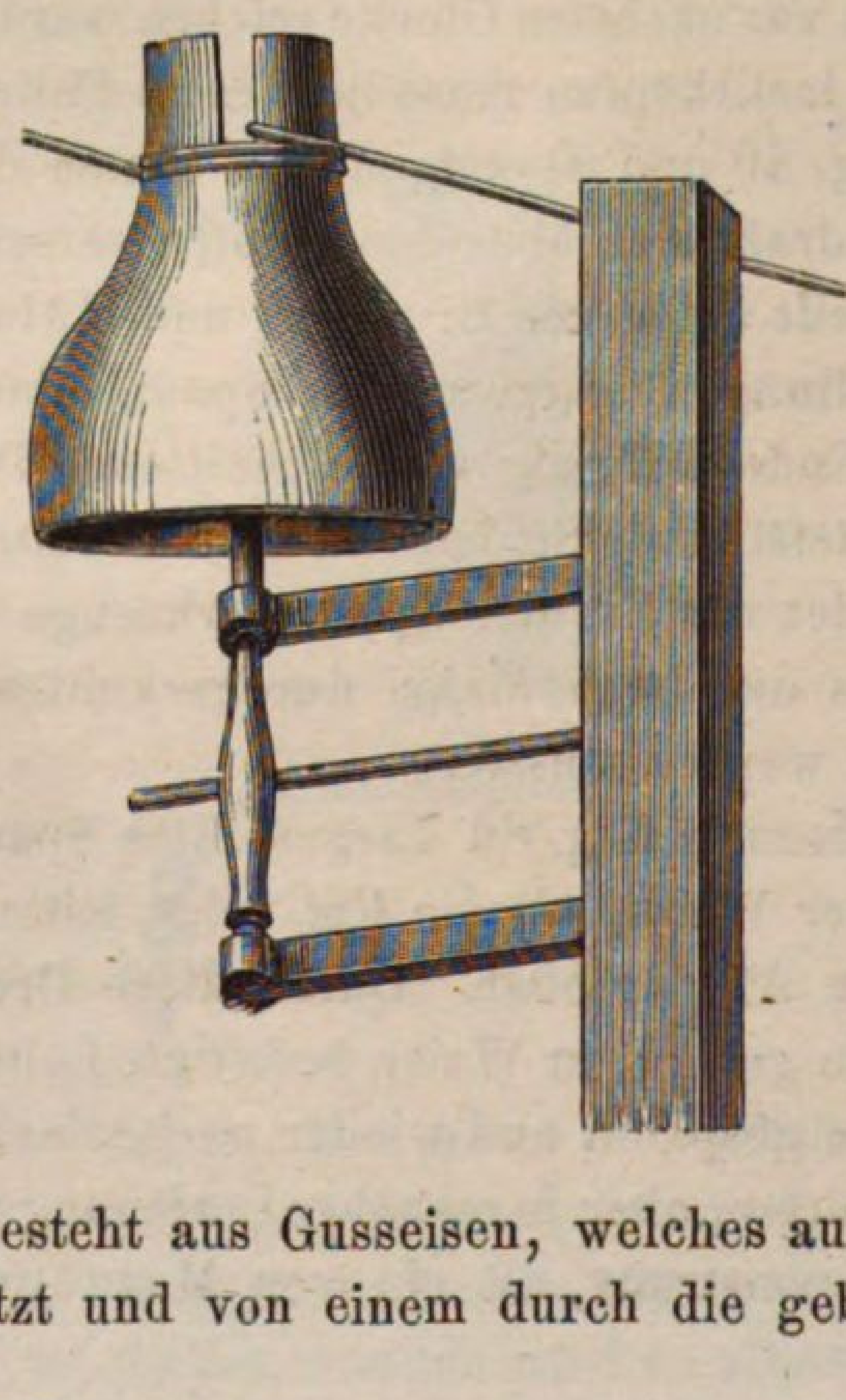


Fig. 86.

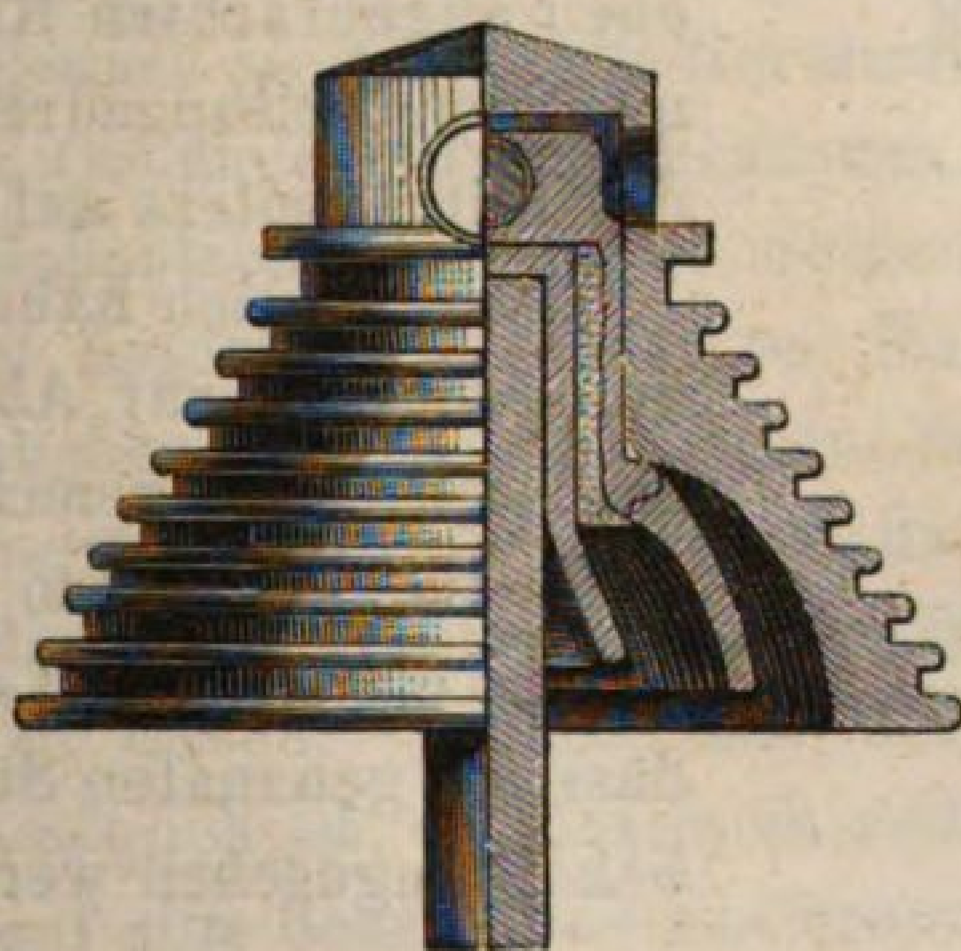


liche Spannkopf besteht aus Gusseisen, welches auf den gewöhnlichen Isolirkopf aufgesetzt und von einem durch die gebohrten Löcher ge-

[1]) Brix Journal VII. pag. 1.

steckten Stift in der beabsichtigten Lage gehalten, oder um seine Axe gedreht werden kann. Denken wir in die obere Windung des Gewindes den Draht geschlungen und nun den Spannkopf gedreht, so windet sich der Draht abwärts oder aufwärts, je nach der Richtung der Drehung. Im ersteren Fall vergrössert sich der Radius des Ganges, und es wird ein grösserer Theil Draht verbraucht. Ist der Draht bis

Fig. 87.



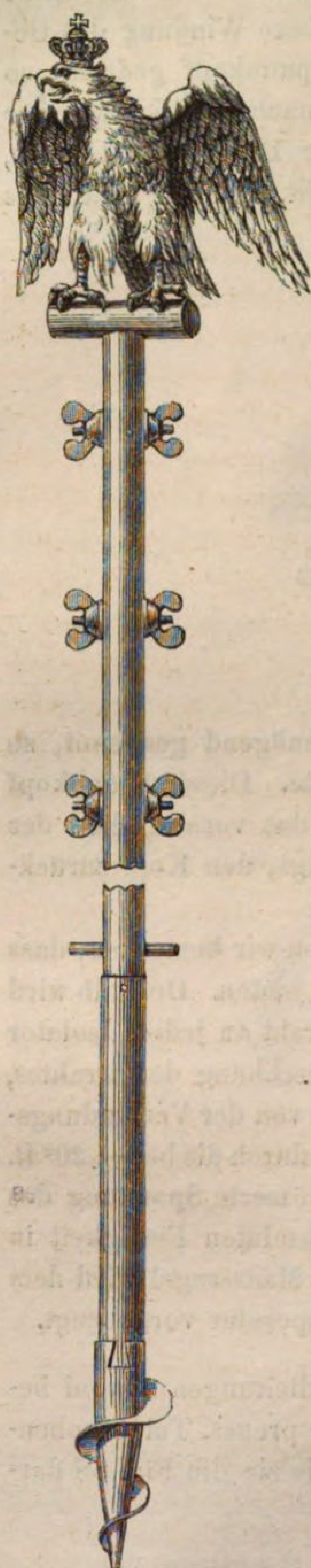
zum untersten Gange gelangt und noch nicht genügend gespannt, so schlingt man denselben um zwei obere Gänge etc. Dieser Spannkopf hat besonders vor dem von Kohl angegebenen das voraus, dass der umgeschlungene Draht fast gar keine Neigung zeigt, den Kopf zurückzudrehen.

Bevor wir diesen Gegenstand verlassen, müssen wir bemerken, dass sämmtliche Spannvorrichtungen sehr viele Mängel bieten. Deshalb wird in der deutschen Telegraphen-Verwaltung der Draht an jedem Isolator besonders festgebunden. Vorher wird der Durchhang des Drahtes, d. h. die Entfernung des tiefsten Punktes desselben von der Verbindungslinie beider Aufhängungspunkte, so regulirt, dass durch die bei — 20° R. in Folge der Zusammenziehung des Eisens vergrösserte Spannung des Drahtes derselbe nur auf ungefähr $^1/_4$ seiner absoluten Festigkeit in Anspruch genommen werden kann. Durch diese Maassregel wird dem Zerreissen der Leitung bei Erniedrigung der Temperatur vorgebeugt.

5. Die Erdleitungsstangen. Um die Erdleitungen sowohl beweglicher als billiger herzustellen, wurde in der preuss. Telegraphen-Verwaltung eine sogenannte Erdleitungssäule, wie sie die Fig. 88 darstellt, angewandt[1]).

[1]) Brix Journal II. pag. 198.

Fig. 88.



Die Säule besteht aus einem gezogenen Eisenrohre von etwa 12^m Länge und 1^{cm} äusserem Durchmesser, dessen unteres Dritttheil zur Verhütung einer isolirenden Rostschicht mit einer aufgelötheten Kupferhülse überzogen, und dessen Fuss mit einer gusseisernen Schraube versehen ist. Die oben angebrachten Klemmschrauben nehmen den Leitungsdraht, sowie auch den des Blitzableiters auf.

Diese Säulen haben sich zwar als ziemlich genügend zur Ableitung des Stromes erwiesen; im Allgemeinen steht jedoch fest, dass eine Platte von einigen Quadratfuss Fläche ein sicheres Leitungsmittel ist, und dass die genannten Stangen nur als Nothbehelf angesehen werden dürfen.

6. Eisenbahnschienen als Telegraphenleitung. Wir dürfen hier nicht unerwähnt lassen, dass von Steinheil auch Versuche zur Benutzung der Eisenbahnschienen als Telegraphenleitung gemacht worden sind. Er selbst sagt darüber[1]: „Aus Eisen würde sich, obgleich es viel schlechter als Kupfer leitet, wenn es nur verhältnissmässig dicker angewendet würde, ein eben so guter Leiter herstellen lassen, als aus Kupfer. Dieses hat Hofrath Gauss auf die Vermuthung gebracht, dass es vielleicht möglich wäre, die beiden Geleise einer Eisenbahn als Leitung für den galvanischen Telegraphen, entweder unmittelbar, oder nach unerheblichen Abänderungen, benutzen zu können. Ja eine nähere Betrachtung der üblichen Construction unserer Eisenbahnen machte

[1]) Schuhmacher's Jahrb. 1839 pag. 170.

dieses Resultat um so wahrscheinlicher, als die Chairs durch zwischen gelegte getheerte Filzplatten und durch Befestigung mit hölzernen, ebenfalls getheerten Nägeln eine völlige Isolirung vom Boden erwarten liess."

„Um diese für die Herstellung galvanischer Telegraphen so wichtige Frage factisch zu entscheiden, erhielt ich verflossenen Sommer Allerhöchsten Auftrag, Versuche darüber an der Nürnberg-Fürther Eisenbahn anzustellen. Die Leitungsfähigkeit des dortigen Quarzsandbodens zeigte sich sogleich noch grösser als hier. Alle Berührung der Leitungsdrähte mit den Mauern der Gebäude musste vermieden werden. Ungeachtet der getheerten Zwischenlagen waren die Schienen keinesweges vom Boden isolirt. Kein Inductionsstoss wirkte über 30 Schienenlängen hinaus. Um zu versuchen, ob bei sorgfältigem Bau neuer Bahnen eine ausreichende Isolirung erreicht werden könnte, hatte das Bahncomité die Gefälligkeit, eine kleine Probestrecke einer neuen Eisenbahn unter meiner Aufsicht ausführen zu lassen. Es ging aus Messungen daran hervor, dass es durchaus unmöglich ist, die Chairs so vollständig vom Boden zu isoliren, dass nicht auf eine bedeutende Entfernung, wo viele Tausende solcher Berührungspunkte vorkommen, ein zu erheblicher Verlust stattfinden sollte. Kautschuck bewies sich als das beste Isolirungsmittel. Es ist aber viel zu theuer, um hier angewendet werden zu können, da es theurer käme, als eine selbstständige Leitung, und doch mit der Zeit Schaden leiden würde. So bin ich, in Folge dieser Versuche, zur Ueberzeugung gelangt, dass es nie gelingen wird, die beiden Geleise der Eisenbahnen selbst als Leitung für galvanische Telegraphen zu benutzen. Denn selbst für den Fall, dass man eine ausreichende Isolirung der Bahn vom Boden erlangt hätte, was gewiss immer kostspieliger sein wird, als eine selbstständige Leitung, wäre die Benutzung zum Telegraphiren beschränkt auf Zeiten, wo die Bahn nicht befahren wird, da jeder Wagen beide Geleise metallisch verbindet, beschränkt durch jede Auslösung einer Schiene, unterbrochen durch jedes Losewerden eines Keiles, kurz der Erfolg viel zu unsicher, um eine praktisch brauchbare Sache zu werden".

§ 3.

Die unterirdische Leitung.

1. Die frühere unterirdische Leitung. Die Menge der in der Telegraphie zu lösenden Aufgaben ist so gross, dass die kurze Zeit,

während welcher die umfangreichen Anlagen ausgeführt worden sind, bei weitem nicht ausreichend gewesen ist, um die Sache in vielen sehr wichtigen Punkten zum Abschluss zu bringen. Zu einem dieser Punkte gehört auch die Art der Drahtleitung. Die vielen Vortheile, welche eine unterirdische Leitung bietet, sind durchaus nicht zu verkennen, und wir erwähnen hier nur zwei der wichtigsten, dass nämlich diese Art der Leitung in den meisten Fällen vor den Einflüssen der atmosphärischen Elektricität, so wie vor böswilliger Zerstörung, geschützt ist. Ungeachtet dieser Vortheile hat doch die Leitung der Drähte unter der Erde früher nicht recht zur Anerkennung gelangen können, was besonders seinen Grund in den mangelhaften Isolationsmitteln des Drahtes gehabt hat. Preussen gehörte mit zu den ersten Staaten, welche auf verschiedenen Strecken unterirdische Leitungen einführten, allein mancherlei ungünstige Umstände vereinigten sich, um diese Leitung bald unbrauchbar zu machen, so dass man sich entschloss, dieselben durch oberirdische zu ersetzen. Erst nachdem in neuerer Zeit die Fabrikation von Telegraphen-Kabeln bedeutende Fortschritte gemacht hat, sind die unterirdischen Leitungen wieder mehr in Aufnahme gekommen, und es stehen ihrer allgemeineren Verwendung wohl nur noch die Schwierigkeiten der Aufbringung des sehr grossen Anlagekapitales entgegen.

Der Vorschlag zu unterirdischen Leitungen ist älter als die zuerst von W. Weber zur Ausführung gebrachte oberirdische Leitung, ja älter als der elektromagnetische Telegraph selbst. Sömmering, welcher einen Volta'schen Apparat zum Telegraphiren erfand[1]), zu dem er wenigstens 27 Leitungsdrähte gebrauchte, will dieselben isolirt und zu einem Taue zusammengeflochten unter der Erde fortgeleitet haben.

Jacobi führte zuerst eine unterirdische Leitung in Petersburg aus. Er sagt darüber[2]): „Die Schwierigkeiten steigern sich, wenn die im Grunde wünschenswertheste, ja gewissermaassen nothwendige Bedingung erfüllt werden soll, die galvanische Verbindungskette ganz und gar unter der Erde fortzuführen; und sie steigern sich um so mehr, wenn nachtheilige klimatische und geognostische Verhältnisse, so wie andere ungünstige lokale Beziehungen, vorhanden sind. Steinheil hat es geradezu für unmöglich erklärt, galvanische Leitungen auf grösseren Strecken unter der Erde fortzuführen. Die Erfahrungen, welche hier (in Petersburg) bei Legung der eisernen Gasleitungsröhren gemacht worden sind, haben die ausserordentliche Beweglichkeit des hiesigen

[1]) Dingler's Journal 67 pag. 388; siehe hinten Abschnitt V. § 1. No. 3.
[2]) Pogg. Ann. 58 pag. 410.

Terrains gezeigt, die so weit geht, dass nicht selten die eisernen Röhren entweder in der Mitte oder an den Verbindungsstellen quer durchgebrochen werden. Sobald eine galvanische Leitung unter der Erde fortgeführt werden soll, scheint eine Röhrenleitung unumgänglich zu sein, nicht nur deshalb, weil nur auf solche Weise eine vollständigere Isolirung möglich ist, sondern auch, um bei vorfallenden Beschädigungen eine leichtere Zugänglichkeit der Drähte zu gewähren. Eine früher über den Admiralitätsplatz gelegte Probeleitung, bei welcher die Drähte nicht frei in Röhren lagen, sondern in einer Art besonders geformter Hülsen von Eisenblech eingekittet waren, haben die grosse Unbequemlichkeit eines solchen Systems gezeigt. Da nun Metallröhren hier nicht leicht zu erlangen waren, und da sie ausserdem den Nachtheil haben, die Chancen der Nebenverbindungen zu vermehren und gefährlicher zu machen, so entschloss ich mich geradezu, gläserne Röhren zu wählen, obgleich ein solches Material zu ähnlichen Zwecken wohl noch nie gebraucht worden sein mag, und keine Erfahrungen hierüber vorliegen. Die Details der Construction dieser galvanischen Leitung, sowie die Beschreibung der telegraphischen Apparate zu geben, behalte ich mir vor, und will nur erwähnen, dass die ganze Strecke 9030 Fuss beträgt, also eine Leitungskette von 18,060 Fuss erfordert. Die Röhren sind im Durchschnitt über 5 Fuss lang, haben $^3/_4$ Zoll Weite und eine angemessene Wanddicke. Die Enden sind matt geschliffen und mit einander durch Kautschuckröhren verbunden, so dass das ganze System leicht jeder Bewegung des Terrains folgen kann. Die Röhren wurden anfänglich auf flach gelegte, nach der Rundung der Röhren ausgehauene Ziegel gelegt, später wurde es aber vorgezogen, die Ziegel ganz wegzulassen, die Röhren auf einer Lage feinen Sandes zu betten und dieselben mit einer 6 Zoll hohen, von Steinen sorgfältig gereinigten Schicht eben solchen Sandes zu bedecken. Die Tiefe unter dem Terrain beträgt im Durchschnitt 21 Zoll. Es wäre freilich besser gewesen, die Röhren noch mit einem hölzernen Kasten zu umgeben; hierdurch wären aber die Kosten bedeutend angewachsen, und das Holz hätte sich, der abwechselnden Feuchtigkeit unterworfen, nicht lange erhalten. Um dem Einwande zu begegnen, dass diese Röhren durch die Erschütterung darüber fahrender Wagen beschädigt werden könnten, liess ich eine kurze Röhrenstrecke auf weniger als die angegebene Tiefe eingraben und darüber einen schweren Ambos bringen, auf welchem, mittelst Schmiedehämmern von 2 Pfd. Schwere, ein Stück Eisen abgeschmiedet wurde. Die horizontal durch das Pflaster sich fortpflanzenden Erschütterungen waren ausserordentlich stark, aber die Röhren hatten, wie sich nach dem Ausgraben

zeigte, nicht im mindesten gelitten und waren in ihrer Lage nicht derangirt worden. Die zu den Leitungen verwendeten Kupferdrähte waren von einer Stärke, dass durchschnittlich ein Werst oder 3500 Fuss gerade 45 Pfund wogen; sie waren mit starkem Zwirn besponnen, wurden darauf in eine heisse Mischung von Wachs, Harz und Talg getaucht, hierauf noch einmal besponnen und endlich wiederum mit demselben Mastix bestrichen. Solcher Drähte lagen vier neben einander in den Röhren, die je zwei zu einem gesonderten telegraphischen System gehören".

2. Anwendung der Gutta percha. Siemens wandte zuerst Guttapercha als Isolationsmittel der unterirdischen Drahtleidungen an. Dieser in der Wärme sich erweichende Baumsaft von Isonandra Gutta, einem der grössten Bäume auf Borneo, deren jeder 20 bis 30 Pfund dieses Harzes liefert, bietet für diesen Zweck mannigfache technische Schwierigkeiten. Vor allem ist es schwierig, den Draht so in die Substanz zu hüllen, dass dieselbe ihn concentrisch umgiebt und zugleich mit ihm zusammengeschmolzen ist. Ausserdem ist darauf zu halten, dass die Guttapercha so zubereitet werde, dass die Umhüllung keine Blasen oder Risse habe, durch die die Feuchtigkeit den Draht mit dem Boden in leitende Verbindung zu setzen im Stande ist.

Man hat auch versucht, sogenannte vulcanisirte, d. h. mit Schwefel verbundene Guttapercha in Anwendung zu bringen. Die damals gemachten Versuche fielen jedoch ungünstig aus, weil, wie Siemens sagt[1]), die Masse zu sehr geschwefelt und bei zu hoher Temperatur angewandt worden war. Der Ueberschuss von Schwefel verbindet sich nämlich in diesem Falle mit dem Kupfer, das Schwefelkupfer durchdringt die dem Draht zunächst liegende Guttapercha und bildet mit ihm eine dunkelbraun aussehende, die Elektricität leitende Masse, die dann an den Stellen, wo die Drähte excentrisch liegen, bis nach aussen gelangt und so ableitende Stellen bildet. Auch in den Fällen, wo der Boden der Vertiefungen und Luftblasen die Schicht von Schwefelkupfer erreicht, verliert der Ueberzug seine isolirende Eigenschaft, und der durch die leitenden Stellen derselben beim späteren Gebrauch der Leitungen hindurchgehende Strom zersetzt das Schwefelkupfer und verwandelt dann im Laufe einiger Jahre die von diesen durchzogene Guttapercha in eine unzusammenhängende, schwammige und vom Wasser durch-

[1]) Kurze Darstellung der an den preuss. Telegr.-Linien mit unterirdischen Leitungen gemachten Erfahrungen, pag. 5.

zogene Masse. Hierdurch wird der Kupferdraht durch Elektrolyse oxydirt und Kupferoxydhydrat gebildet, welches die Hülle endlich ganz sprengt und oft Längenrisse von beträchtlicher Ausdehnung erzeugt. Auch an Stellen, wo die mit Schwefelkupfer verbundene Guttapercha den Boden einer Vertiefung in dem bereits erwähnten fehlerhaften Ueberzuge bildet, findet der obige Prozess statt, und es bilden sich statt dieser Vertiefungen bis zum Draht selbst reichende Löcher.

3. Schutz der Gutta percha. Aus der Anführung der Schwierigkeiten wird man erkennen, dass es nicht unmöglich ist, dieselben zu überwinden, und die Erfahrung hat bereits gelehrt, dass Leitungen, welche mit der nöthigen Sorgfalt angefertigt sind, viel geringere Mängel zeigen, als die zu Anfang gemachten Leitungen. Um gegen die genannten, durch die Fabrikation oder durch das Legen der Leitung entstandenen Unvollkommenheiten, so wie gegen fortschreitende Beschädigung der liegenden Drähte zu schützen, hat man dieselben noch mit anderen Hüllen umgeben, welche nach Art der unterseeischen Kabel in einer Schicht aus getheertem Hanf und darüber gewundenen verzinkten Eisendrähten oder in Bleiröhren bestehen. Leitungen dieser Art sind wegen ihrer Kostspieligkeit erst auf kurzen Strecken zur Anwendung gekommen, allein sie haben sich daselbst im Ganzen gut bewährt. Besonders günstig für die Guttapercha ist ein getheerter Ueberzug.

In Berlin bestehen die durch die Stadt gehenden, die Brandwachen und Polizei-Bureaus verbindenden Leitungen aus Guttapercha-Drähten mit Bleiumhüllung. Diese Bleiröhren entziehen die isolirende Guttapercha sowohl dem Zutritt der Luft als der Feuchtigkeit. Da das Blei den Draht dicht umgiebt, und die etwa noch vorhandenen Zwischenräume durch Talg ausgefüllt sind, so wird die Feuchtigkeit auch in dem Falle sich nicht zwischen der Guttapercha und dem Blei durch Capillarkraft verbreiten können, wenn die Bleiröhre irgend wie beschädigt sein sollte.

„Selbst den Fall angenommen", sagt Siemens[1]), „die Guttapercha-Hülle wäre undicht und isolirte unvollkommen, oder bestände aus schlechtem Material, so würde dennoch die Isolation der Drähte so lange durchaus vollständig bleiben, als die Bleiröhre sich erhielte. Ueber die Erhaltung des Bleies in der Erde liegen aber alte Erfahrungen vor. In reinem Sand- oder Thonboden, welcher keine vegetabilischen Bestandtheile enthält, hat es sich Jahrhunderte, ja Jahrtausende lang gut

[1]) L. c. pag. 20.

erhalten. Durch Einwirkung des Sauerstoffs der Luft bildet sich zwar auch in gewisser Tiefe des Erdbodens noch eine Oxydhaut auf der Oberfläche des Bleies, doch nur in dem Falle dringt diese Zersetzung tiefer ein, wenn ein gleichzeitiger Zutritt von Kohlensäure die Bildung von Bleiweiss möglich macht. Wenn man bei dem Eingraben der Bleiröhren einige Sorgfalt darauf verwendet, dass keine vegetabilischen Bestandtheile in die unmittelbare Umgebung des Drahtes kommen, so kann man auf die lange Erhaltung selbst dünner Bleiröhren mit Sicherheit rechnen. Sollte aber auch durch irgend einen Umstand das Blei irgendwo zerstört, und die Guttapercha blossgelegt werden, so würde die gute Isolation des Drahtes hierdurch nur dann gefährdet sein, wenn dieselben Einflüsse, welche das Blei nach und nach zerstörten, in gleicher Weise auf die Guttapercha wirkten, was bei der gänzlichen Verschiedenheit der Substanzen wohl nur in äusserst seltenen Fällen, oder nie der Fall sein kann. Der Bleiüberzug verhindert ferner die leichte Beschädigung des isolirenden Guttapercha-Ueberzuges auf dem Transport und beim Einlegen, er macht dennoch stattgefundene Beschädigungen leichter erkennbar und entzieht die Guttapercha auch bei nicht tiefem Einlegen gänzlich dem Einfluss der Luft. Die Guttapercha muss sich, auch wenn sie von schlechter Beschaffenheit ist, in der sie allen äusseren Einflüssen entziehenden Bleiröhre vollständig gut erhalten. Das in verbrannter Guttapercha enthaltene flüchtige Oel, durch dessen Verflüchtigung die Masse auch im Erdboden bald erhärtet und brüchig wird, kann durch die eng anschliessende Bleihülle nicht entweichen, bleibt daher in der Guttapercha und erhält sie biegsam“.

Die Leitungen mit sogenannten Bleidrähten erfordern jedoch häufige Ausbesserungen, da es fast beständig vorkommt, dass auf einer oder der anderen Linie der Strom so schwach wird, dass die Apparate den Dienst versagen. An der schadhaften Stelle bemerkt man gewöhnlich, dass der Bleiüberzug fehlt, und die darunter befindliche Guttapercha beschädigt ist, so das also Nebenleitung stattfindet. Zuweilen kommt es aber auch vor, dass während der Bleiüberzug noch vorhanden ist, in Folge eines Fabrikationsfehlers die isolirende Guttapercha fehlt, und sich dann allmälig immer grössere Berührung zwischen dem innern Kupferdraht und der äusseren Bleihülle hergestellt hat.

Gegenwärtig werden für unterirdische Leitungen durchgängig besondere Erdkabel verwendet, welche in ähnlicher Art wie unterseeische Kabel angefertigt sind.

In dieser Weise sind z. B. die unterirdischen Stadtleitungen in Berlin und anderen grösseren deutschen Städten hergestellt.

Im Jahre 1855 hat man in Paris von der Centralstation nach fünf innerhalb der Stadt gelegenen Nebenstationen die Drahtleitung durch eine Asphaltmasse isolirt [1]). Zehn Drähte wurden zu diesem Zwecke in dem zu ihrer Aufnahme bestimmten Graben auf einer Länge von 60 bis 80 Meter straff gespannt, und auf der ganzen Länge in Abständen von je 25^{cm} durch eiserne Kämme in ihrer Lage befestigt. Nachdem unter die zehn gespannten Drähte grobes Papier auf den Boden gelegt, und verticale Seitenwände von Holz aufgestellt waren, goss man die so durch die Kämme begrenzten Kästen abwechselnd mit Asphalt aus. Waren die zuerst ausgegossenen Abtheilungen erhärtet, so wurden die Kämme herausgenommen, und nun die zwischenliegenden Abtheilungen ausgegossen. Durch die Hitze der zuletzt eingegossenen Masse wurden die benachbarten, schon erkalteten Blöcke an der Grenzfläche wieder geschmolzen, so dass eine innige Vereinigung der ganzen Masse hergestellt und ein zusammenhängender Asphaltblock gebildet ward, in welchem die Drähte wohl isolirt in regelmässigen Abständen von einander lagen.

Die Asphaltmasse war in hundert Theilen zusammengesetzt aus:

Asphalt von Seyssel oder Val-de-Travers	58,75,
gereinigten Bitumen von Bastennes	7,24,
gut gewaschenen Kies	34,01.

Der laufende Meter dieses Asphaltlagers mit den 10 Leitungsdrähten, die aus verzinkten Eisendrähten von 4^{mm} Durchmesser bestanden, kostete $6^1/_2$ Fr., wogegen sich der Preis einer Leitung von 6 Drähten auf $4^1/_2$ Fr. berechnet.

4. Vergleich der oberirdischen mit der unterirdischen Leitung. „Die Vorzüge der oberirdischen Leitungen von den unterirdischen“, sagt Siemens [2]), „bestehen im Wesentlichen darin, dass sie leichter beaufsichtigt und reparirt werden können, da sie überall sichtbar sind, dass bis zu einer gewissen Grenze eine Vermehrung der Drähte bei eintretendem Bedürfniss mit geringeren Kosten sich ausführen lässt, und dass die Anlagekosten im Allgemeinen geringer sind, wie bei unterirdischen Leitungen“.

„Diesen Vorzügen steht aber eine grosse Reihe von Nachtheilen gegenüber. Die oberirdischen Leitungen sind muthwilligen und zufälligen Zerstörungen weit mehr ausgesetzt als die unterirdischen. Sind daher auch die Beschädigungen leichter und schneller auszubessern, die

[1]) Dingler's Journal 140 pag. 393. [2]) L. c. pag. 23.

Unterbrechungen des Dienstes mithin kürzer, so treten sie dafür um so häufiger auf, und nur bei sehr solide angelegten oberirdischen Leitungen würde die Sicherheit des Dienstes der der bisherigen unterirdischen gleich zu setzen sein".

Vor Allem machen die später noch ausführlicher zu besprechenden elektrischen Störungen die oberirdischen Leitungen viel unsicherer als die unterirdischen. Je besser die oberirdischen Leitungen isolirt sind, je mehr man daher die Quelle der durch die schlechte Isolation entstehenden Störungen verstopft hat, desto häufiger und stärker werden die elektrischen Störungen. Hierzu kommt noch die nicht zu beseitigende Gefahr, dass einschlagende Blitze Leitungen und Stangen auf grössere Strecken hin zertrümmern und Beamte und Apparate gefährden, während bei unterirdischen Leitungen Gewitter und einschlagende Blitze einen nur wenig störenden Einfluss üben können, weil ja die sich entladende Elektricität bereits den grossen Leiter „Erde" erreicht hat, bevor sie zu dem noch mit der isolirenden Guttapercha umgebenen Drahtleiter gelangen kann.

Bei den oberirdischen Leitungen sind es die Spinnengewebe, welche oft den äusseren Rand des Isolirkopfs mit der Stange verbinden und so bei Regenwetter einen Ableiter des Stromes bilden; bei den früheren unterirdischen Leitungen dagegen schadeten die Nagethiere, wie Maulwürfe, Mäuse und Ratten, welche in nicht geringer Tiefe, nach Nahrung suchend, den Boden durchwühlten und dann den Draht, sobald er sich ihnen hindernd in den Weg stellte, durch Nagen zu beseitigen suchten. Dadurch wurde die umgebende Guttapercha-Hülle durchbrochen und die Isolirung beschädigt. Bei einer Tiefe des Drahtes von zwei Fuss ist jedoch nur in sehr vereinzelten Fällen eine Beschädigung der Art vorgekommen.

Es liegt auf der Hand, dass die Kabel, welche mit einer Eisendrahthülle umgeben sind, solche Beschädigungen nicht erfahren können. Bei diesen Leitungen tritt jedoch noch ein ganz anderes Hinderniss auf, welches in der Verzögerung durch die elektrische Ladung seinen Grund hat, und das wir bei den unterseeischen Kabeln ausführlicher besprechen werden [1]). Dasselbe ist jedoch nach den bereits gemachten Erfahrungen nicht so bedeutend, als wohl befürchtet wurde, und kann durch die Wahl und Einrichtung der angewandten telegraphischen Apparate zum grossen Theile unschädlich gemacht werden.

[1]) Siehe diesen Abschnitt § 4. No. 3.

5. Der Hooper'sche Draht. In neuester Zeit hat Hooper den Draht in noch besserer Weise isolirt, als dies bis dahin geschehen war. Nachdem nämlich die Erfahrung gelehrt hat, dass das Kautschuk bei unmittelbarer Berührung mit dem Kupferdrahte leicht verdirbt, verzinnt Hooper zunächst den Kupferdraht, bevor er mit seiner Hülle umgeben wird. Diese Hülle besteht dann in Folgendem. Zunächst umgeben den verzinnten Draht zwei Bänder von Kautschuck, welche spiralförmig um ihn herumgewunden werden und über einander liegen. Darauf folgt eine sogenannte Trennschicht, welche ebenfalls aus spiralförmig gewundenen Bändern einer Masse gebildet wird, die aus $^{3}/_{4}$ Kautschuck und $^{1}/_{4}$ Zinkoxyd besteht. Ueber dieser Schicht folgt eine andere, welche zum Schutze der beiden ersten dient. Sie besteht aus einer Mischung von 84 Theilen Kautschuck, 6 Theilen Schwefel und 10 Theilen Schwefelblei und wird nicht spiralförmig gewunden, sondern in zwei Parallelstreifen angelegt, die durch starken Druck an ihren Schnittflächen mit einander verbunden werden. Schliesslich wird diese Umhüllung noch mit einem baumwollenen Filzbande umwunden, welches das Frühere fest zusammen hält.

Dieser Draht wird dann in verschlossenen Eisencylindern mit Kreidepulver bedeckt einem Drucke von 3 Atmosphären bei 120^{0} Erwärmung ausgesetzt, so dass die einzelnen Bänder fest, wie zu einer Masse zusammengepresst werden.

Diese Art der Isolirung hat sich besonders in dem letzten Kriege sehr bewährt, wo man Leitungen dieser Art zur Anlegung der Feldtelegraphen verwendete. Die Leitungen wurden in diesem Falle zunächst nur auf der Erde liegend fortgeführt, um möglichst schnell eine telegraphische Verbindung herzustellen und dann erst später auf Stangen befestigt. Die von der deutschen Telegraphen-Verwaltung verwendeten Kabel werden ebenfalls sämmtlich mit Hooper'schen Drähten hergestellt.

6. Aufsuchung schadhafter Stellen. Die Beschädigung einer unterirdischen Leitung kann entweder darin bestehen, dass die Leitung unvollkommen, oder dass sie ganz unterbrochen ist. Siemens giebt verschiedene Wege zur Erforschung der beschädigten Stellen an [1].

Ist die leitende Verbindung des Drahtes selbst zwischen zwei benachbarten Telegraphenstationen nicht unterbrochen, aber der Ueberzug desselben irgendwie beschädigt, so kann die Lage der Beschädigung annähernd durch Rechnung bestimmt werden.

[1]) Pogg. Ann. 79 pag. 492 u. f.

Zunächst ist durch Versuche zu ermitteln:

1. die Länge des Leitungsdrahtes zwischen den Stationen;
2. der Widerstand der benutzten Batterie und der Galvanometer, die vergleichbar sein müssen;
3. der Widerstand des Leitungsdrahtes zur Erdplatte;
4. der Widerstand der die Erdplatte umgebenden Feuchtigkeitsschichten.

Alle diese Widerstände sind auf den Widerstand des Drahtes zu reduciren.

Es seien x und y die Widerstände der Theile des Leitungsdrahtes von den Endpunkten A und B bis zur beschädigten Stelle,

m die reducirte Summe der Widerstände des bei A eingeschalteten Galvanometers, der dort eingeschalteten Säule, des Verbindungsdrahtes mit der Erdplatte und des Uebergangswiderstandes des Stromes von der Platte zur Erde,

n dieselbe Summe für das Ende B der Leitung,

z der Uebergangswiderstand von der blossgelegten Stelle des Drahtes zur Erde,

s die gemessene oder berechnete Stärke des durch die unbeschädigte Leitung gehenden Stromes der bei A und B befindlichen Säulen, von denen jede die elektromotorische Kraft e hat,

s' die bei A gemessene Stromstärke der dort eingeschalteten Säule, wenn die Leitung bei B unterbrochen ist,

s'' die bei B gemessene Stromstärke, wenn die Leitung bei A unterbrochen ist.

Alsdann ist

$$\frac{2e}{x+y+m+n}=s$$

$$\frac{e}{m+x+z}=s'$$

$$\frac{e}{n+y+z}=s''$$

Aus diesen drei Gleichungen e und z eliminirt, giebt:

$$ss''(x+y+m+n)-2s's''(m+x)$$
$$=ss'(x+y+m+n)-2s's''(n+y),$$

und daraus

$$\frac{x+m}{y+n}=\frac{2s's''-ss'+ss''}{2s's''-ss''+ss'}.$$

Da die Summe $x+y$ gleich der Länge der Leitung, mithin bekannt ist, so ergiebt sich aus dieser Gleichung sofort die Lage der Beschädigung.

Siemens bemerkt noch zu dieser Methode, dass bei Anstellung der Messungen der Stromstärke bei A und B die Säulen immer so zwischen Leitungsdraht und Erdplatte einzuschalten sind, dass die beträchtliche Polarisation des Drahtes an der beschädigten Stelle stets in gleichem Sinne auftritt, und die Ablesung erst dann vorgenommen werde, wenn die Polarisation ihr Maximum erreicht hat, und die Ablenkung der Nadel dadurch möglichst constant geworden ist.

Eine andere Art, die Lage einer Beschädigung zu berechnen, giebt genauere Resultate, weil dabei die Polarisation weit weniger störend auftritt und unabhängig von der Grösse der elektromotorischen Kraft der angewandten Säulen ist.

Die Bedeutung der Buchstaben x, y, m, n und z zeigen die vorhin angegebene, ferner seien s und s' die bei A und B gemessenen Stromstärken der bei A eingeschalteten Säule, während die bei B befindliche durch einen Metalldraht von gleichem Widerstande ersetzt und die leitende Verbindung mit der Erdplatte hergestellt ist. σ und σ' seien die gleichzeitig gemessenen Stromstärken bei B und A, wenn die Säule bei B eingeschaltet und bei A durch einen gleichen Widerstand ersetzt ist. Alsdann ist, da sich in verzweigten Schliessungsbogen die Stromstärken umgekehrt wie die Widerstände der Zweige verhalten:

$$s' = \frac{z}{y+n+z} \cdot s,$$

daher

$$\frac{s}{s'} = \frac{y+n+z}{z},$$

und

$$1. \qquad \frac{s-s'}{s'} = \frac{y+n}{z}.$$

Ferner ist aus demselben Grunde:

$$\sigma' = \frac{z}{x+m+z} \cdot \sigma,$$

also

$$2. \qquad \frac{\sigma-\sigma'}{\sigma'} = \frac{x+m}{z}.$$

Die Gleichung 2 durch die Gleichung 1 dividirt, giebt:

$$\frac{x+m}{y+n} = \frac{(\sigma-\sigma')\,s'}{(s-s')\,\sigma'},$$

wodurch die Lage der Beschädigung bestimmt ist.

Aus den in den Formeln enthaltenen Werthen erkennt man leicht, dass diese Formeln nur für den Fall anwendbar sind, wenn nur eine beschädigte Stelle zwischen den Punkten, von denen aus gemessen wird, vorhanden ist.

Will man sich überzeugen, ob nur eine Beschädigung vorhanden ist, so hat man nur nöthig, die Messungen nach Einschaltung eines bekannten Widerstandes an einem Ende der Leitung nochmals vorzunehmen. Alsdann kann die Rechnung nur für den Fall dieselbe Stelle, wie zuvor für die Beschädigung angeben, wenn nur eine vorhanden ist.

Sind mehrere Nebenschliessungen vorhanden, so wird die Rechnung wegen der Schwerfälligkeit der Formeln sehr mühsam, und auch die Angabe ungenau, und man thut alsdann besser, sogleich auf die unten beschriebene Weise durch fortgesetztes Halbiren die Beschädigung aufzusuchen.

Hinsichtlich der mit m und n bezeichneten Constanten ist noch zu bemerken, dass dieselben bei der hier nur einzig in Betracht kommenden annäherungsweisen Bestimmung des Ortes der Nebenschliessung ganz vernachlässigt werden können, wenn grosse, im Wasser liegende Erdplatten und Messinginstrumente mit geringen Widerständen angewendet werden. Liegen dagegen die Erdplatten nur in dem feuchten Erdboden, so ist der Uebergangswiderstand sehr viel grösser und darf dann nicht unberücksichtigt bleiben, doch kann man in diesem Fall, wenn die Platten an beiden Enden gleich sind, für jede den halben gemessenen Erdwiderstand annehmen. Sind sie nicht gleich, so muss man den Uebergangswiderstand für jede einzelne Platte mit Hülfe einer dritten, hinlänglich entfernt von beiden liegenden, bestimmen.

Bei der direkten Aufsuchung der Beschädigung mittelst fortgesetzter Halbirung der zu untersuchenden Strecke wird allgemein folgendermassen verfahren. Beide Enden des Kabels werden isolirt. Die mit einer Säule, einem Galvanometer und einer Erdplatte versehenen Arbeiter durchschneiden etwa in der Mitte der isolirten Leitung dieselbe und schalten die Säule und das Galvanometer zwischen jedem Ende der durchschnittenen Leitung und der Erde ein. Alsdann zeigt diejenige Hälfte, welche die Beschädigung enthält, einen Strom, während die andere keine Nadelablenkung bemerken lässt. Nun wird auf der Seite, wo sich die Nebenleitung zeigte, in einer Entfernung vielleicht von der Hälfte des übrigen Stückes wieder durchschnitten und so lange fortgefahren, bis die Stelle der Nebenschliessung überschritten ist. Darauf wird die Beschädigung durch fortgesetztes

Halbiren in immer engere Grenzen eingeschlossen. Die letzte Strecke wird dann blossgelegt und ein neues Stück eingesetzt.

Ist die leitende Verbindung des Drahtes selbst unterbrochen, so ist die Reparatur durch das Halbirungsverfahren leichter auszuführen, da es für diesen Fall nicht nöthig ist, den Draht an der blossgelegten Stelle zu durchschneiden. Für diesen Fall wird das eine Ende der Leitung isolirt und zwischen das andere und die Erde eine kräftige Säule eingeschaltet. Die Arbeiter legen alsdann die Adern des Kabels an einer Stelle bloss und durchstechen die Guttapercha mit einer Nadel, so dass diese den Draht berührt. Verspüren sie nun bei der Berührung der Nadel mit der Zunge das bei einem vorhandenen Strome charakteristische Brennen, so liegt die Unterbrechung nicht zwischen dem Ende, an welchem die Säule sich befindet und der untersuchten Stelle, und die Probe wird in grösserer Entfernung vorgenommen, bis die Unterbrechung überschritten ist, was daran erkannt wird, dass man mittelst der Zunge keinen Strom mehr verspürt. Die durchstochene Guttapercha wird mit einer Spirituslampe wieder gedichtet, und das Kabel an der Untersuchungsstelle wieder hergestellt.

§. 4.

Die unterseeische Leitung.

1. **Die Telegraphenseile.** Die schwierigste Art der Leitung ist die durch das Wasser zu führende. Sollen Gewässer durch telegraphische Leitungen überschritten werden, so ist nur bei Flüssen oder Seen von geringer Breite eine oberirdische Leitung auf Stangen leicht ausführbar, bei grösseren Gewässern, breiten Flüssen etc. würde beim Mangel an geeigneten Brücken sowohl durch die Spannweite des Drahtes, als durch die Anforderung, dass die Schiffe ungehindert unter der Leitung fortgehen sollen, eine sehr beträchtliche Höhe der Uferstangen bedingt, und die Construction sehr kostspielig und doch wenig dauerhaft werden. Bei breiten und tiefen Seen und bei Meeren endlich ist natürlich eine Stangenleitung ganz unmöglich. Man hat daher schon seit den vierziger Jahren sowohl in England als in Amerika grössere oder geringere Strecken unter Wasser telegraphisch verbunden.

Der erste grössere Versuch dieser Art war der von Brett, welcher Dover mit Calais unterseeisch verband, allein leider zerriss der $0{,}261^{cm}$ dicke, mit Guttapercha überzogene Draht bereits einige Tage darauf. Ein neues Kabel, dessen Guttapercha-Hülle mit 10 Eisendrähten bedeckt

und geschützt war, ward ein Jahr darnach mit dem besten Erfolge in drei Tagen gelegt. Seit dieser Zeit ist die Küste des Festlandes noch öfter mit der englischen telegraphisch verbunden worden, man hat sodann das mittelländische Meer mehrfach mit unterseeischen Leitungen durchschnitten, man hat schliesslich sogar Indien und Amerika durch Gedankenbahnen mit unserem Erdtheile verbunden.

Bei diesen mannigfachen, gründlichen und grossartigen Versuchen, besonders in Folge der durch die Legung der verschiedenen transatlantischen Kabel gewonnenen Erfahrungen, hat die Fabrikation der Leitungsseile grosse Fortschritte gemacht. Die Guttapercha, ein Stoff, welcher für Luftleitung sich nicht recht als brauchbar zeigt, hat sich nach den bisherigen Erfahrungen für die unterirdische und submarine Telegraphie als dauerhafter Isolator bewährt. Allein einfache, mit Guttapercha überzogene Kupferdrähte, wie man sie bei den ersten Versuchen anwendete, thaten zwar als Leiter des elektrischen Stromes ihren Dienst vollkommen, aber sie zerrissen bald, oder wurden wegen ihres geringen Gewichts, selbst wenn sie an einzelnen Stellen mit angehängten Gewichten beschwert waren, vom Wasser hin und her bewegt, wobei ihre Guttapercha-Hülle bald an scharfen Steinen des Fluss- oder Seebodens durchgescheuert wurde und Nebenleitung zu Stande kommen liess. Eiserne Gelenkröhren, mit denen man den Draht umgab, haben sich ebenfalls nicht bewährt; sie schützten denselben zwar gegen das Durchscheuern, aber nicht gegen das Zerreissen.

Um dies zu verhindern, umgab man den mit Guttapercha überzogenen Kupferdraht, der gewöhnlich aus mehreren, etwa 7, Strängen besteht, mit einem Drahtgeflecht aus verzinktem Eisendraht über einer getheerten Hanfschicht, und dies ist die Form, in der jetzt die unterirdischen und Unterseeleitungen mit gutem Erfolg angewandt, und besonders auch von Felten und Guilleaume in Cöln angefertigt werden.

Diese Fabrikanten sagen über die Anfertigung der Telegraphenseile [1]): „Die erste Anforderung, die man an ein Kabel stellen muss, ist, dass die darin enthaltenen Leitungsdrähte den galvanischen Strom gut leiten, und dass sie gut isolirt sind. Es muss daher der Kupferdraht einen angemessenen Durchmesser besitzen, und der Ueberzug muss aus gut isolirender Masse, frei von Poren und unganzen Stellen und überall von gleicher Dicke sein. Zur grösseren Sicherheit wird deshalb der Guttaperchaüberzug in zwei concentrischen Lagen umgelegt. Ueberdies müssen sowohl Kupfer als Guttapercha frei von allen fremdartigen Bei-

[1]) Brix Journ. I. pag. 170.

mischungen sein, welche beim Kupfer Brüche und bei der Guttapercha Risse und unganze Stellen herbeiführen, oder die Leitungsfähigkeit des ersteren und das Isolirungsvermögen der letzteren beeinträchtigen könnten. Der mit Guttapercha überzogene Draht, wie er gewöhnlich verwendet wird, besitzt einen Durchmesser von etwa 3,5 Linien, während der Durchmesser des Kupferdrahtes selbst $^3/_4$ bis 1 Linie beträgt".

„Die Anfertigung der Telegraphenseile beginnt mit der genauen Prüfung der zu verwendenden Leitungsdrähte auf Leitungsfähigkeit und Isolation. Zu dem Ende werden dieselben mehrere Tage hindurch in das Wasser gelegt und alsdann mittelst einer starken Batterie und eines empfindlichen Galvanometers geprüft. Nur wenn sie sich dabei vollkommen fehlerfrei erweisen, sind sie zur weiteren Verarbeitung brauchbar".

Es werden in einem Kabel entweder, wie beim atlantischen, mehrere Drähte von einer gemeinsamen Guttaperchahülle umgeben, oder es werden mehrere mit Guttapercha überzogene einfache und also von einander isolirte, Kupferdrähte von einer gemeinsamen getheerten Hanfhülle umgeben, über der sich dann das Eisengeflecht aus einfach gewundenen Drähten befindet. Die getheerte Hanffläche dient einerseits dazu, die Guttapercha weich und biegsam zu erhalten, andererseits aus dem Eisengeflecht eine weiche Unterlage zu bereiten.

Das Eisengeflecht hat nach der Ansicht von Felten und Guilleaume den Zweck, dem ganzen Kabel eine solche Schwere zu geben, dass es am Boden des Gewässers auch ohne besondere Belastung festliegt und nicht so leicht durch Wellenschlag und Strömung hin und her getrieben wird. Es soll ferner dem inneren Leitungsdrahte vollkommenen Schutz gegen alle äussern Beschädigungen verleihen, also namentlich sich gegen das Abreiben und Durchschneiden des isolirenden Ueberzuges durch scharfe Steine und Eisschollen, gegen Beschädigung durch die Stösse der Schifferhaken, endlich gegen schädliche Ausreckung und gegen Zerreissen bei aussergewöhnlichen Anspannungen des Kabels durch Strömung und Wellenschlag oder durch antreibende Eisschollen und bis zu einem gewissen Grade auch gegen Zerreissen durch anhängende Schiffsanker.

Diese hier angegebenen Zwecke des Eisengeflechts sind fast einzig für Kabel durch Flüsse oder Meeresarme von geringer Tiefe als wichtig anzusehen, anders verhält es sich mit Kabeln, welche die telegraphische Verbindung durch grosse Meere herzustellen bestimmt sind. Sieht man für diesen Fall von den Theilen in der Nähe der Küste ab, wo das Kabel noch besonders geschützt ist, so ist hier keiner der oben genannten

Gründe für die Anwendung der Eisenhülle als wirklich vorhanden zu betrachten.

Delamarche sagt in Bezug auf das erste atlantische Kabel[1]): „Die Eisumhüllung soll fast einzig dazu dienen, das Kabel so lange zu schützen, bis es auf dem Meeresgrunde angelangt ist. In grossen Tiefen, die uns ausschliesslich beschäftigen, fällt das Kabel mit keiner sehr grossen Geschwindigkeit auf den Grund; es legt sich darauf nieder und sinkt sogar ein, wenn es weiche Massen, wie Schlamm und dergl., antrifft. Von diesem Augenblick an kann die Umhüllung als überflüssig angesehen werden. Was die Gefahren betrifft, welche von fremdartigen Körpern herrühren können, so hat man nur den Einfluss des Seewassers, der Muscheln, Korallen etc., in Betracht zu ziehen. (Weder von Beschädigung durch Wellenbewegung, noch durch Anker ist hier die Rede). Das Schlimmste, was sich ereignen kann, ist, dass die Umhüllung gänzlich verschwindet, und ich finde darin kaum einen Nachtheil, da die Guttapercha vom Seewasser nicht angegriffen wird. Ich sollte aber vielmehr glauben, dass eine ganz entgegengesetzte Wirkung einträte. Meiner Meinung nach wird sich das Eisen oxydiren und mit einer Kruste von Schlamm, Korallen und Muscheln bedecken, und nach einer kurzen Zeit wird die Guttapercha nicht mehr mit Eisendrähten bedeckt sein, sondern mit einer unförmlichen Hülle von Eisenoxyd und anderen Körpern, welche die Natur in ihrer launenhaften Thätigkeit um sie angehäuft hat.“

Hiernach sind der Eisenhülle also die Eigenschaften zu geben, welche das Kabel beim Einsenken schützen. Vor Allem ist die Belastung zu berücksichtigen. Es ist klar, dass unter übrigens gleichen Umständen die Spannung dem Gewichte des Kabels proportional ist. Es kommt aber hierbei auf das specifische Gewicht an. Nimmt man z. B. an, dass das Volum des inneren Cylinders gleich dem der Eisenhülle ist, das specifische Gewicht des ersten $= 1$ und das des Eisens $= 7,8$ ist, so ist das specifische Gewicht des Kabels gleich 4,4. „Je dünner die Eisenhülle[2]), desto weniger wiegt sie, und desto weniger hat sie auszuhalten; aber auch der Querschnitt und die Widerstandsfähigkeit vermindern sich in demselben Verhältniss, wie das Gewicht. Es folgt daraus, dass in Beziehung auf die absolute Festigkeit die Dimensionen des Kabels und der Umhüllung fast gleich gültig sind. Andererseits aber ist es in Beziehung auf die Kosten, den Raum, welchen es

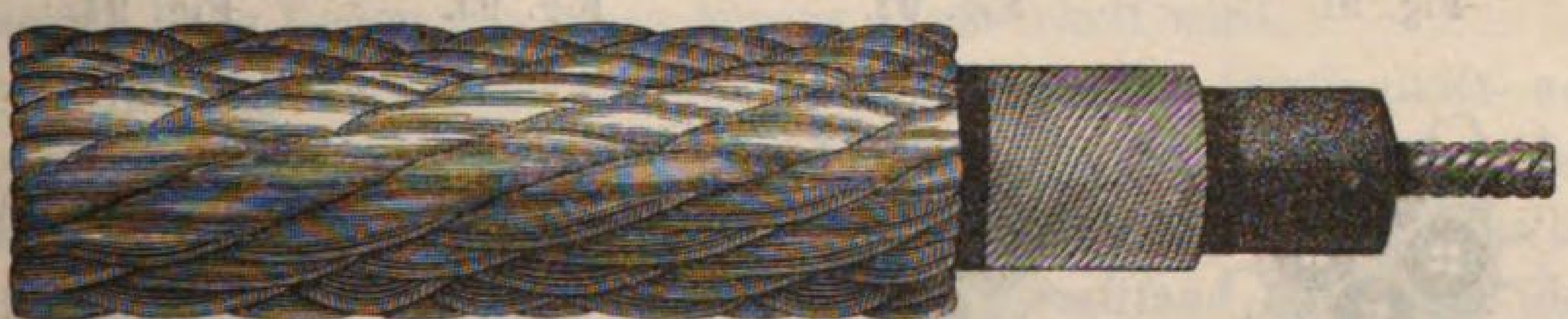
[1]) Elemente der unterseeischen Telegraphie, übers. v. Viechelmann pag. 46.
[2]) Delamarche, Elemente der unterseeischen Telegraphie pag. 41.

auf dem Schiffe einnimmt, und die Handhabung um so vortheilhafter, je leichter es ist. Man kommt also dahin, jene älteren Kabel, die mit dünnen Eisenstangen umgeben waren, aufzugeben und Kabel mit sehr leichter Umhüllung zu verlangen."

„Diese Idee, die ich seit meiner Rückkehr von der ersten Unternehmung der Mittelmeer-Compagnie im Jahre 1855 geäussert habe, ist für die Construction des atlantischen Kabels maassgebend gewesen; ich möchte aber, wenn die Fabrikation es gestattet, die Umspinnung noch feiner haben."

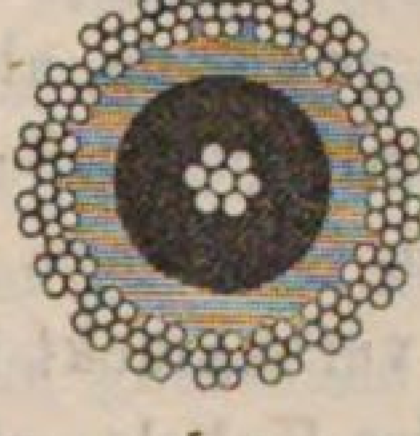
„Es fehlt nicht an Personen, die in dieser Hinsicht noch weiter gehen und verlangen, dass die Eisenhülle ganz und gar wegfalle. Ich kann nicht so kühn sein. Ausserdem, dass die Hülle sich selbst tragen kann, und dass sie überdies durch ihre überflüssige Festigkeit den anderen Theilen des Kabels, die nicht hinreichende Widerstandsfähigkeit haben, zu Hülfe kommt, flössen mir die Versuche, denen ich im Mittelmeer beiwohnte, und die Besuche der englischen Werkstätten

Fig. 89.



einige Vorsicht ein, und es scheint mir nothwendig, das Kabel von der Fabrikation an, bei der Einschiffung und Legung, zu schützen."

Fig. 90.



Das erste Kabel, welches die Verbindung zwischen Europa und Amerika herzustellen bestimmt war, hatte die Einrichtung und die Quer-Dimensionen der Theile, wie sie Fig. 89 darstellt.

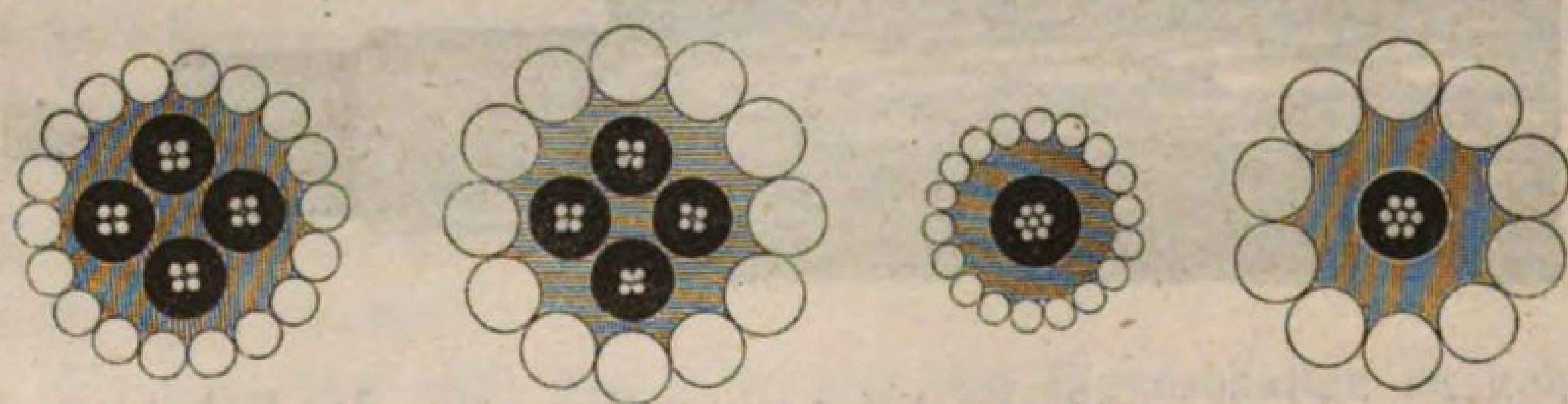
Dasselbe hatte in seiner Mitte 7 um einander gewundene Kupferdrähte, welche sich im Querschnitt in der Form der Fig. 90 darstellen. Diese waren von mehreren concentrischen Guttaperchalagen umgeben,

welche der Hanf in sieben Litzen einschloss. Letzterer war von der Eisenhülle umgeben, die aus 18 Litzen zu je 7 Eisendrähten von 0,75^{cm} Durchmesser bestand.

Delamarche spricht sich gegen diese aus Litzen bestehende Eisenhülle aus, er zieht eine Umspinnung mit einfachen Drähten vor, wie sie bei der Mittelmeer-Leitung in verschiedener Form zur Anwendung gekommen und hier im Querschnitt in Fig. 91—94 dargestellt ist. Gegenwärtig ist die Litzenumspinnung allgemein als unzweckmässig aufgegeben.

Die Fig. 91 und 92 stellen die Querschnitte der eigentlichen Kabel, dagegen die Fig. 93 und 94 die der Küstenkabel dar. Fig. 91 ist die Form des Kabels von Bona nach Cagliari und 92 das ihm zugehörige Küstenkabel. Bekanntlich war die Legung dieser Linie bereits zweimal zuvor in den Jahren 1855 und 56 von Breti unternommen, aber beide Male verunglückt. Im Jahre 1857 ward die Legung des Kabels von der Form Fig. 91 ausgeführt. Die Fig. 93 und 94 stellen die Querschnitte der Kabel von Cagliari nach Malta und Corfu dar.

Fig. 91. Fig. 92. Fig. 93. Fig. 94.



Wenn man aus dem Erfolge schliessen will, so müsste man hinsichtlich der Brauchbarkeit der Ansicht Delamarche's beistimmen; allein die Umstände sind in den einzelnen Fällen zu verschieden, und die Zahl der gemachten Versuche noch zu gering, als dass man aus den bisherigen Erfahrungen vollständig ausreichende Schlüsse auf die Anfertigung der Telegraphen-Kabel zu ziehen im Stande wäre. Dass die Legung der früheren atlantischen Kabel verunglückt ist, hat wohl weniger seinen Grund in der Construction des Kabels, als in der grossen Meerestiefe und in anderen bei der Legung obwaltenden ungünstigen Verhältnissen.

2. Die Legung der Kabel. Man kann nach den bisherigen Erfahrungen wohl behaupten, dass das Versenken des Kabels in's Meer der schwierigste Theil der Arbeit ist, welche die Herstellung einer submarinen Telegraphenverbindung überhaupt erfordert. Während bei der Anfertigung wie bei dem Transporte jeder einzelne Theil ge-

hörig beaufsichtigt und mit der nöthigen Musse und Vorsicht behandelt werden kann, ist man bei der Legung zu mannigfachen Zufällen unterworfen, welche durch die bei Seefahrten überhaupt vorkommenden Umstände, so wie durch die beim Legen nothwendige Geschwindigkeit bedingt werden.

Es leuchtet ein, dass die Geschwindigkeit, mit der das Kabel vom Schiffe ins Meer gelassen werden muss, nur dann constant bleiben kann, wenn die Tiefen, zu denen es abfällt, constant bleiben. Für den Fall der constanten Geschwindigkeit bildet das Kabel vom Schiffe bis zum Meeresboden nach Siemens[1]) eine gerade Linie, diese verwandelt sich bei zunehmender Geschwindigkeit des Schiffes in eine nach oben und bei abnehmender in eine nach unten convexe Curve. Um nun die Geschwindigkeit bei wechselnden Tiefen in der nöthigen Weise reguliren zu können, sind Bremsen, und zur Beobachtung der Spannung Dynamometer angebracht. Damit das Kabel an etwaiger Schleifenbildung beim Abwickeln verhindert werde, hat man es am rathsamsten gefunden, dasselbe wenn möglich auf Haspeln aufzuwickeln, während bei Legung grösserer Kabel das Ganze in grosse Ringe zusammengelegt und dasselbe beim Legen von innen heraus abgewickelt wird.

Während des Versenkens werden ohne Unterlass Continuitäts- und Isolationsproben angestellt. Erstere durch Telegraphiren zwischen dem Schiff und dem am Lande befestigten Ende des Kabels, oder, wie es bei der Legung des ersten atlantischen Kabels stattfand, zwischen den beiden nach entgegengesetzten Richtungen fahrenden Schiffen, letztere durch Prüfung des am Lande isolirten Kabels mittelst eines sehr empfindlichen Galvanometers. Der eine Pol der Batterie wird in diesem Falle mit der Erde, d. h. mit der eisernen Hülle des Kabels, der andere Pol aber durch das Galvanometer mit dem auf dem Schiffe befindlichen Ende der Kupferleitung des Kabels verbunden, während gleichzeitig das Landende isolirt ist. Hat diese Verbindung kurze Zeit bestanden (so lange als zur Ladung des Kabels nöthig ist), so wird das Galvanometer unter Ausschaltung der Batterie direkt mit der Erde verbunden, und der Rückschlag aus dem geladenen Kabel beobachtet[2]). Ist ein solcher deutlich wahrzunehmen, so kann die Isolation als befriedigend erachtet werden.

Alle bisher beschriebenen Einrichtungen und Operationen lassen sich durch die getroffenen Vorkehrungen ordnen und reguliren, und es ist daher nicht recht einzusehen, wohin bei gehöriger Beachtung aller

[1]) Delamarche übersetzt von Viechelmann pag. 34. [2]) Siehe diesen § No. 3.

zuvor festgesetzten Bestimmungen die Ursache des so häufigen Misslingens der Kabellegung zu suchen sei. Die Hauptursache ist ein meteorologisches Phänomen, dessen eigene Ergründung noch der Zukunft vorbehalten bleibt, der Wind!

Die Strecke im Mittelmeere von Corfu bis Malta wurde bei ruhigem Wetter gelegt; die Legung wurde in 72 Stunden, während 400 Meilen Kabel ausgelegt wurden, ohne irgend welchen Unfall durchaus befriedigend vollendet. Wird es aber beim Auslegen stürmisch, wie dies auch besonders bei der Legung des atlantischen Kabels der Fall war, so treten so viele und unvorhergesehene Störungen ein, dass ein günstiger Verlauf der Operation zweifelhaft werden muss, und so häufig ein Verunglücken der ganzen Unternehmung die Folge ist. Höchst wahrscheinlich werden auch diese Uebelstände geringfügiger werden, wenn die ausgedehntere Erfahrung alle die kleinen Mängel, welche bei den Auslegevorrichtungen sich immer noch herausstellen, und die beim Zusammentreffen mehrerer zu grossen Hindernissen anwachsen, beseitigt haben wird. Jedenfalls aber leuchtet ein, dass ein Auf- und Abbewegen des Kabels, beim Schwanken des vom Winde getriebenen Schiffes, nachtheilig auf seine Eisenhülle wirken und viel leichter und häufiger Brüche der Eisendrähte bewirken muss, als wenn das Schiff sich ruhig über der Meeresfläche hin bewegt.

Dies folgt besonders aus den Resultaten, welche mit dem Greet Eastern erlangt wurden, von denen wir später ausführlicher sprechen werden. Denn wenn auch auf diesem Riesenschiffe die Einrichtungen wohl noch grössere Sicherheit gewährten als in den früheren Fällen, so ist doch die grosse Unbeweglichkeit bei bewegter Luft wohl die Hauptursache, weshalb mit diesem Fahrzeuge die glücklichen Erfolge erzielt wurden.

3. Die statische Induction bei unterirdischen und unterseeischen Leitungen. Wir erwähnen der genannten Erscheinung erst hier, obgleich sie sowohl bei den früher besprochenen isolirten Drähten, wie bei längeren unterirdischen und den unterseeischen Kabeln auftritt, weil nach Besprechung der einzelnen Leitungsvorrichtungen die Erscheinung besser übersehen und verstanden werden kann.

Als im Jahre 1848 Siemens und Halske die Legung unterirdischer Leitungen übernommen hatten, und sie mit der Aufstellung ihrer Apparate auf der Linie von Berlin nach Franfurt a./M., Kramer dagegen mit der Aufstellung der seinigen auf der von Berlin nach Cöln beauftragt waren, zeigte sich zur Verwunderung beider Unternehmer

eine bis dahin gänzlich unbekannte Erscheinung. Während nämlich bei den oberirdischen Leitungen Kramer auf einer Strecke, etwa von Berlin nach Magdeburg, mit der grössten Leichtigkeit zu sprechen im Stande war, ergab sich mittelst der unterirdischen Leitung dies als absolut unmöglich. Mit der grössten Mühe und Langsamkeit war ihm dies nach seiner eigenen Mittheilung kaum von Potsdam nach Magdeburg möglich. Dieselben Schwierigkeiten fanden Siemens und Halske mit ihren Apparaten auf der ihnen übertragenen Linie, und besonders machte die Strecke von Erfurt nach Halle alle Bemühungen zu Schanden. Ein Austausch der Apparate beider Fabrikanten war ebenfalls ganz erfolglos. Man vermuthete zuerst mangelhafte Isolation als Ursache der Störung, allein es zeigte sich, dass es um so schlechter ging, je besser die Isolirung war. Kramer sagt, dass er mehrere Male das Bureau verlassen und in Entfernung von einigen Tausend Schritten die Isolirung vernichtet habe, um eine Depesche leichter von einer Station zur andern zu befördern.

Unter allen möglichen Vermuthungen über die Ursache dieser auffallenden Erscheinungen sprach Kramer zuerst die Ansicht aus[1]), dass die beobachteten Erscheinungen von Spannungselektricität herrührten, indem der unterirdische Draht sich, wie eine Leydener Flasche, von sehr schwacher Leitung, aber enorm grosser Oberfläche verhalte. Er stellte dies durch die Thatsache fest, dass, wenn man einen Pol einer Batterie mit der Erde verbindet, und den anderen mit einem sehr langen, gut isolirten unterirdischen Leitungdrahte in Berührung bringt, dessen anderes Ende isolirt ist, dann im Augenblicke der Berührung auf der anderen Seite der Batterie in der Erdleitung ein sehr kräftiger Strom von kurzer Dauer beobachtet wird. Derselbe giebt sich dadurch kund, dass ein in die Erdleitung eingeschalteter Elektromagnet seinen Anker einmal anzieht, und sofort wieder loslässt.

Im Jahre 1850 machten fast gleichzeitig und von einander unabhängig Guillemin und Siemens über die Ladungserscheinungen mittelst einer galvanischen Säule Mittheilungen, Guillemin, indem er den bereits vorn angeführten Versuch über die Entstehung eines galvanischen Stromes in einer isolirten und ungeschlossenen galvanischen Säule mittheilt[2]), und Siemens indem er sagt[3]): „Die unterirdischen Leitungen bieten manche interessante Erscheinungen. Eine derselben welche die Anwendung dieser Leitungen Anfangs wesentlich erschwerte,

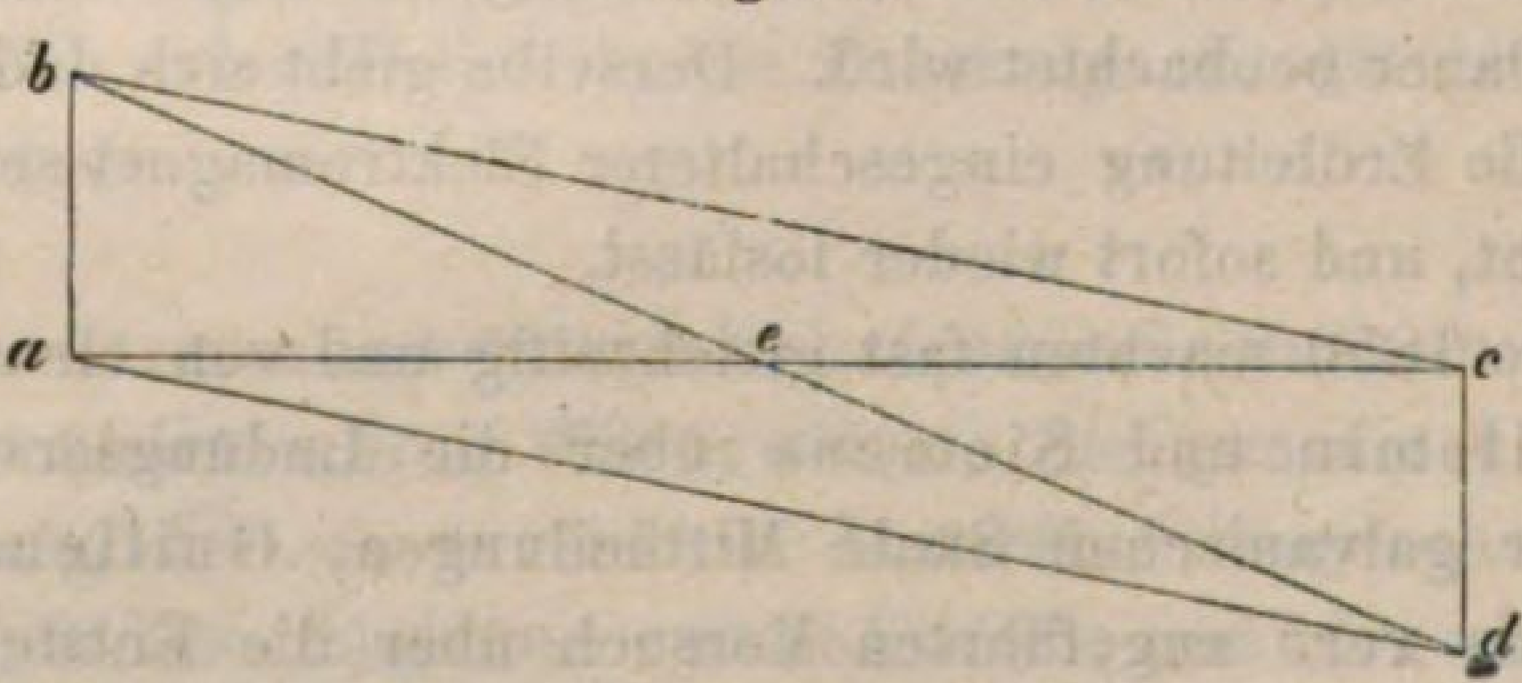
[1]) Brix Journ. I. pag. 137. [2]) Siehe diesen Absch. § 1 No. 5; Pogg. Ann. 79 pag. 333. [3]) Pogg. Ann. 79 pag. 498.

besteht darin, dass der isolirende Ueberzug der Drähte als colossale Leydener Flasche auftritt, deren Belegungen der Draht und die Feuchtigkeit des Erdbodens bilden, und welche durch die Elektricität der zwischen sie eingeschalteten Säule geladen wird. Bei langen Leitungen bringen diese Ströme kräftige mechanische Effekte hervor, deren Intensität der Länge des Drahtes und der elektromotorischen Kraft der eingeschalteten Säule nahe proportional ist und mit der vollkommenen Isolation des Drahtes zunimmt. Mit Polarisationsströmen können diese Ladungs- und Entladungsströme durchaus nicht verwechselt werden."

„Durch diese Annahme finden alle oft fast wunderbaren Eigenthümlichkeiten, welche die unterirdischen Leitungen bei ihrer praktischen Benutzung zeigen, nicht nur ihre vollständige Erklärung, sondern es ist mit Hülfe derselben sogar gelungen, dieselben vollständig zu beherrschen und sogar nützlich zu verwenden."

„Eine der auffallendsten Eigenthümlichkeiten der unterirdischen Leitungen ist die, dass die Apparate bei ihnen mit schwächerer Batterie in gleich schnellen Gang kommen, wie bei überirdischen mit beträchtlich stärkerer, obgleich die Leitungsfähigkeit des unterirdischen Drahtes um $^1/_4$ geringer ist. Die Erklärung dieser Erscheinung fällt bei Annahme der oben definirten Ladungsströme nicht schwer. Da nämlich die Elektricität der Säule, welche im Drahte gebunden wird, auf der ganzen Oberfläche sich vertheilt, so hat nur ein kleiner Theil den ganzen Widerstand des Drahtes zu überwinden."

Fig. 95.



Ist der Widerstand der angewendeten Säule sehr klein im Vergleich zu dem Widerstande der Leitung, so bleibt die elektrische Spannung des mit dem Leitungsdrahte verbundenen Poles unverändert, wenn das andere Ende des Drahtes mit der Erde verbunden wird."

„Bezeichnet *a c* Fig. 95 den Leitungsdraht, *a b* die Spannung der Elektricität der zwischen *a* und der Erde eingeschalteten Säule, und ist

c mit der Erde leitend verbunden; verbindet man dann *b* mit *c* durch eine gerade Linie, so bilden die Senkrechten auf *a c* bis zum Schneidepunkte mit *b c* dass Maass der elektrischen Spannungen, mithin auch der Ladungen der zugehörigen Punkte des Drahts *a c*."

Der Inhalt des Dreiecks *a b c* bezeichnet also die Grösse der Ladung. Ist bei *c* auch eine Säule von gleicher Stärke zwischen Draht und Erde so eingeschaltet, dass beide Säulen im gleichen Sinne wirken, so bezeichnet die Linie *cd* die hier angegebene Spannung des Punktes *c*, und es ist die Linie *bd* die Curve der elektrischen Spannung des Drahtes. Der gleichförmig cylindrische Draht ist mithin von *a* bis zur Mitte mit positiver und von dort bis *c* mit negativer Elektricität geladen. Wird nun bei *a* und *c* gleichzeitig die Verbindung des Drahtes mit der Säule aufgehoben, so gleichen sich die Ladungen von entgegengesetzter Elektricität im Drahte selbst aus. Wird die Verbindung gleichzeitig wieder hergestellt, so entsteht im ersten Momente ein Strom von grosser Stärke, da die Ladungsströme einen beträchtlich geringeren Widerstand zu überwinden haben. Bei der schnellen Aufeinanderfolge der Unterbrechungen und Schliessungen, wie sie bei den telegraphischen Apparaten vorkommen, ist es daher erklärlich, dass die angewandten Säulen einen grösseren mechanischen Effekt bei unterirdischen Leitungen geben."

Durch Versuche, welche später Faraday[1]) und Wheatstone[2]) angestellt haben, werden die soeben von Siemens angeführten Beobachtungen bestätigt. Die wichtigsten von Faraday angestellten Versuche sind folgende. Ein 100 englische (21,7 geographische) Meilen langer, mit Guttapercha isolirter Kupferdraht ward ins Wasser versenkt und seine beiden Enden in das Beobachtungszimmer geführt. Wenn nun der freie Pol einer Batterie von 360 Paaren von je 12□^{cm} Oberfläche für kurze Zeit mit einem Ende des Drahtes in Verbindung gebracht und dann wieder davon getrennt wurde, während das andere Ende des Drahtes isolirt blieb, und es berührte dann Jemand gleichzeitig den Draht und die Erdleitung, so erhielt er einen heftigen Schlag. Der Schlag erfolgte nicht momentan, und konnte durch wiederholte, schnelle, kurze Berührungen in zahlreiche schwächere Schläge getheilt werden.

Wenn der Draht, nachdem er mit der Batterie in Berührung gewesen, mit dem Galvanometer in Verbindung gebracht wurde, so zeigte sich eine beträchtliche Ablenkung; dieselbe war schwächer, wenn die

1) Philos. Mag. (4) VIII. pag. 197; Brix Journ. I. pag. 126. 2) Philos. Mag. (4) X. pag. 56; Brix Jorn. II. pag. 152.

Verbindung erst nach 3 bis 4 Minuten geschah, aber selbst 20 bis 30 Minuten nachdem der Draht von der Batterie getrennt worden, war sie noch wahrnehmbar.

Als das isolirende Galvanometer permanent mit dem einen Ende der im Wasser liegenden Drahtleitung und dann das freie Ende des Galvanometerdrahts mit dem Pole der Batterie verbunden wurde, war es sehr interessant, das heftige Einströmen der Elektricität in den Draht zu beobachten; dieses lies aber bald nach, obwohl die Verbindung nicht gelöst wurde, und nachdem es vorüber war, zeigte die Galvanometernadel, wie zuvor, die den geringen Isolationsfehlern entsprechende Ablenkung von nur 5⁰. Als darauf das Galvanometer von der Batterie getrennt und mit der Erdleitung in Verbindung gesetzt wurde, sah man die Elektricität ebenso lebhaft aus dem Drahte ausströmen, indem sie die Galvanometernadel einige Zeit hindurch im entgegengesetzten Sinne wie beim Einströmen abgelenkt hielt.

Ein anderer, in der Luft befindlicher, 100 Meilen langer Draht zeigt von diesen Erscheinungen keine Spur, obgleich derselbe eben so gut isolirt war, als der im Wasser.

Faraday sagt nun zu diesen Versuchen: „Die Erklärung zu diesen Erscheinungen ist nicht schwer zu finden. Der Leitungsdraht bildet vermöge seines dünnen, vollkommen isolirenden Ueberzuges mit dem diesen umgebenden Wasser eine Leydner Flasche. Der Kupferdraht, welcher die innere Belegung dieser Leydner Flasche bildet, ladet sich statisch mit der Elektricität, welche der mit ihm verbundene Pol der Batterie zuzuführen vermag. Diese wirkt durch Vertheilung durch den isolirenden Ueberzug hindurch und bindet die entgegengesetzte Elektricität in der Wasserschicht, welche direkt an der äusseren Oberfläche der Guttapercha anliegt und die äussere Belegung dieser gewaltigen Leydner Flasche bildet. Die Guttapercha, durch welche hindurch die Vertheilung stattfindet, ist nur $0{,}1^{cm}$ dick, und die Ausdehnung der Belegung ist sehr bedeutend. Die Oberfläche des Kupferdrahts beträgt $8300\square^{m}$, und die der äussern Wasserbelegung ist viermal so gross, also $33{,}000\square^{m}$; dies erklärt die beobachteten merkwürdigen Erscheinungen. Die Spannung der erlangten Ladung kann nur so gross sein, wie die Spannung an dem Pole der Batterie, durch den die Ladung erfolgte; aber ihre Quantität ist, der enormen Ausdehnungen der Belegungen gemäss, ausserordentlich gross. Deshalb zeigt der Draht, wenn er nach der Trennung von der Batterie entladen wird, alle Wirkungen eines mächtigen galvanischen Stromes, und liefert Resultate,

welche mit den besten gewöhnlichen Elektrisirmaschinen und Leydner-Flaschen bis jetzt noch nicht entfernt erlangt worden."

Bei dem von Luft umgebenen Drahte können ähnliche Erscheinungen deshalb nicht auftreten[1]), weil hier die äussere leitende Belegung, welche im anderen Falle durch das Wasser gebildet wird, fehlt, oder wenigstens so weit entfernt ist, dass eine Vertheilung und eine Ladung des inneren Drahtes nicht stattfinden kann. Die Wände, der Fussboden und die Decke des Zimmers würden in diesem Falle in gewisser Hinsicht eine solche äussere Belegung darstellen, aber ihre Entfernung vom Drahte ist beträchtlich, und höchstens könnte auf die äusseren Theile der Drahtrollen eine Einwirkung stattfinden."

Faraday stellt nun ferner noch Versuche mit unterirdischen Leitungen an, die er zu einer Strecke von 720 Meilen mit einander verbindet, und an denen er den eben besprochenen Thatsachen analoge Erscheinungen beobachtet.

Einzelne andere hierher gehörige Fälle hebt Wheatstone in seiner Untersuchung hervor, und wir haben bereits einiger Versuche von ihm Erwähnung gethan[2]), in denen er zeigt, dass die Erde nicht als Leiter, sondern als Reservoir für die Elektricität dient.

Später hat Siemens eine ausführliche Untersuchung über diese statische Induction und die dadurch hervorgebrachte Verzögerung in Flaschendrähten angestellt[3]). Wir führen hier die von ihm gefundenen Gesetze an[4]).

Ist ein solcher eben besprochener Flaschendraht, wie Siemens ihn nennt, geladen, und man lässt die Entladung desselben durch eine Tangentenbussole gehen, so wirkt sie auf die Nadel dieser nach denselben Gesetzen, wie ein Stoss auf das Pendel, d. h. die Kraft ist dem Sinus des halben Ausschlagswinkels proportional[5]).

Bezeichnet also Q die Grösse der Ladung und α den dadurch bewirkten Ausschlagwinkel, so ist

$$1. \qquad Q = \sin\frac{\alpha}{2}$$

Will man hiernach für zwei verschiedene Drähte die Ladungen Q und $Q_{,}$ mit einander vergleichen, und hat man mit Hülfe einer Tangen-

[1]) Siehe später die Versuche von Siemens No. 4. [2]) Siehe diesen Absch. § 1, No. 5. [3]) Pogg. Ann. 102 pag. 66. [4]) Brix Journal VI. pag. 97. [5]) Pogg. Ann. 34. pag. 392; Dub, Elektromagn. pag. 37.

tenbussole die entsprechenden Stossausschläge α und $\alpha_{,}$ gefunden, so ergiebt sich das Verhältniss der Ladungen aus der Proportion:

$$2. \quad Q:Q_{,}=\sin\frac{\alpha}{2}:\sin\frac{\alpha_{,}}{2}$$

Ein Mittel zur Vergleichung der Ladungen durch Rechnung liefert die Proportion[1]):

$$3. \quad Q:Q_{,}=\frac{n\,l}{\log\frac{r}{\varrho}}:\frac{n_{,}\,l_{,}}{\log\frac{r_{,}}{\varrho_{,}}},$$

wenn l und $l_{,}$ die Längen der Drähte,
r und $r_{,}$ die entsprechenden Halbmesser der Guttapercha,
ϱ und $\varrho_{,}$ die entsprechenden Halbmesser der Kupferdrähte,
n und $n_{,}$ die elektromotorische Kraft, oder die Zahl der Elemente

bedeuten. Nimmt man z. B. an, dass das Verhältniss $\frac{r}{\varrho}$ des einen Kabels $=\frac{r_{,}}{\varrho_{,}}$ des anderen sei, so entsteht

$$4. \quad Q:Q_{,}=n\,l:n_{,}\,l_{,}.$$

Nimmt man ferner an, dass in beiden Kabeln auch noch dieselbe Elementenzahl wirke, d. h. dass $n=n_{,}$ sei, so hat man

$$5. \quad Q:Q_{,}=l:l_{,}.$$

Wäre aber die Länge der Kabelleitungen dieselbe, d. h. setzte man n 4. $l=l_{,}$, so ergiebt sich

$$6. \quad Q:Q_{,}=n:n_{,}.$$

Denkt man sich ferner, dass t und $t_{,}$ die Zeiten seien, nach denen der Ladungsstrom am Ende der beiden Kabelleitungen erschiene, so wird das Verhältniss dieser Zeiten durch die Proportin

$$7. \quad t:t_{,}=\frac{l^2}{\varrho^2\log\frac{r}{\varrho}}:\frac{l_{,}^2}{\varrho_{,}^2\log\frac{r_{,}}{\varrho_{,}}}$$

dargestellt, und für den Fall wieder, dass $\frac{r}{\varrho}=\frac{r_{,}}{\varrho_{,}}$,

$$8. \quad t:t_{,}=\left(\frac{l}{\varrho}\right)^2:\left(\frac{l_{,}}{\varrho_{,}}\right)^2,$$

[1]) Pogg. Ann. 102 pag. 103.

und wenn ausserdem wieder $l = l_,$ sein sollte,

$$9. \quad t : t_, = \frac{1}{\varrho^2} : \frac{1}{\varrho_,^2} = \varrho_,^2 : \varrho^2,$$

oder wenn $\varrho = \varrho_,$ ist,

$$10. \quad t : t_, = l^2 : l_,^2.$$

In diesen Gleichungen sind nun für die durch Flaschendrähte sich bewegende Elektricität folgende wichtigen Gesetze ausgesprochen:

1. Die Ladungen verhalten sich wie die Sinus der halben durch die Entladung bewirkten Ausschlagswinkel.
2. Wenn die Verhältnisse zwischen dem Durchmesser der Guttaperchahülle und dem des Kupferdrahtes gleich sind, so sind die Ladungen nur von der Länge der Kabelleitungen und der Zahl der Elemente in den Batterien abhängig, und zwar verhalten sie sich wie die Produkte aus der Kabellänge und der Elementenzahl.
3. Ist das Verhältniss der Durchmesser der Guttapercha und des Kupferdrahtes bei beiden Kabeln dasselbe, und sind auch die Batterien gleich, so verhalten sich die Ladungen wie die Kabellängen.
4. Ist das Verhältniss der Durchmesser der Guttapercha und des Kupferdrahtes bei beiden Kabeln dasselbe, und sind auch die Kabellängen gleich, so verhalten sich die Ladungen wie die Zahl der Elemente der Batterien.
5. Die Ladungszeiten sind unabhängig von den Batterien.
6. Ist das Verhältniss der Guttapercha und des Kupferdrahtes dasselbe, so sind die Ladungszeiten nur von der Länge der Leitung und von der Dicke des Kupferdrahtes abhängig, und zwar verhalten sie sich wie die Quadrate der Quotienten aus Länge der Leitung dividirt durch den Halbmesser des Kupferdrahts.
7. Ist das Verhältniss der Durchmesser der Guttapercha und des Kupferdrahtes in beiden Kabeln dasselbe, und sind auch die Längen gleich, so verhalten sich die Ladungszeiten umgekehrt wie die Quadrate der Halbmesser der Kupferdrähte.
8. Ist das Verhältniss der Durchmesser der Guttapercha und des Kupferdrahtes in beiden Kabeln dasselbe, und sind auch die Kupferdrähte in beiden Kabeln gleich stark, so verhalten sich die Ladungszeiten gerade wie die Quadrate der Kabellängen.

Mit Hülfe dieser Sätze ist es leicht, aus der gemessenen Ladung und Verzögerung eines unterseeischen oder unterirdischen Drahtes die Grösse der Ladung und Verzögerung eines anderen abzuleiten.

Nun tritt aber für die Berechnung der Geschwindigkeit, mit welcher telegraphische Zeichen durch eine bestimmte Linie gegeben werden können, noch eine andere Bedingung ein, nämlich die Bildung elektrischer Ladungswellen im Kabeldraht, welche Faraday zuerst beobachtet hat. Wie aus dem Früheren erhellt, geht die Ladung des ganzen Drahtes dem Auftreten des Stromes in dem am entfernten Ende der Leitung aufgestellten Maass- oder telegraphischen Instrumente voraus.

Unterbricht man aber die Verbindung des freien Poles einer zur Erde abgeleiteten Batterie mit dem Drahte, bevor der Strom am Ende der Leitung begonnen hat, so verbreitet sich die bisher im Drahte angesammelte ruhende Elektricität über den ganzen Draht, und der Strom beginnt im Messinstrumente nach einiger Zeit, obschon die Batterie nicht mehr wirksam ist.

Kehrt man die Batterie um, anstatt sie zu unterbrechen, so wird der der Batterie zunächst liegende Theil der Leitung mit entgegengesetzter Elektricität geladen. Die in den entfernten Drahttheilen noch von der vorhergehenden Ladung befindliche Elektricität fliesst nach beiden Seiten hin ab, also theils durch das Instrument, theils vereinigt sie sich mit der von der Batterie nachfolgenden entgegengesetzten Elektricität. Es bildet sich also gleichsam eine elektrische Welle, welche von der nachfolgenden entgegengesetzten nach und nach verzehrt wird, sich dabei aber dem Ende zu bewegt.

Auf diese Weise kann im Drahte durch schnellen Batteriewechsel eine beliebige Zahl fortschreitender Wellen gebildet werden, die die am Ende eingeschalteten telegraphischen Instrumente in Bewegung setzen, wenn sie bei ihrer Ankunft an dem Ende noch hinlänglich kräftig sind.

Sind die einander folgenden Ströme alle von gleicher Stärke und Dauer, so kann man bei langen Leitungen eine beträchtliche Anzahl solcher Wellen benutzen.

Wenn aber lange und kurze Strömungen sich abwechseln, so werden die kurzen Wellen von der vorhergehenden und nachfolgenden leicht gänzlich, oder wenigstens über das praktisch brauchbare Maass hinaus, verzehrt.

Hiermit wären nun zum grossen Theil die Aufschlüsse über die Erscheinungen ertheilt, welche bei der ersten Legung unterirdischer Guttaperchadrähte den Technikern so grosse Schwierigkeiten bereiteten. Bei der Beschreibung der Apparate werden wir die Mittel angeben, durch welche diese Schwierigkeiten möglichst beseitigt werden [1]).

[1]) Siehe Abschnitt VI. §. 4.

4. Ladungserscheinungen an oberirdischen Leitungen. Wenngleich Faraday von diesen eben besprochenen Erscheinungen an dem in der Luft befindlichen Kabel nichts beobachtet hat, so muss man doch nach der Analogie schliessen, dass auch hier ähnliche Wirkungen auftreten, welche jedoch nur in geringerem Grade vorhanden sein können. So viel ich weiss, hat Siemens zuerst Messungen in dieser Hinsicht angestellt. Er sagt[1]:

„Schon vor einigen Jahren habe ich gefunden, dass auch lange, völlig isolirte oberirdische Telegraphenlinien durch die galvanische Batterie geladen werden". In diesem Falle bildet der Draht die innere und der unter denselben hinlaufende Erdboden die äussere Belegung der Leydner Flasche, während die Luft das isolirende Medium ist. „Es ist mir sogar mehrfach gelungen", fährt Siemens fort, „durch die Grösse des Entladungsstromes die Lage des Ortes zu bestimmen, wo die Leitung zerrissen war. Zur genaueren Bestimmung der Capacität des aus einem oberirdischen Telegraphendrahte und dem Erdboden gebildeten Ansammlungsapparates liess ich auf meinem Hofe einen Eisendraht von 2 englischen Linien Stärke und 120,85^m Länge aufhängen. Der Draht war in einen grossen Bogen ausgespannt und befand sich in einer durchschnittlichen Höhe von 8^m über dem Erdboden. Die Befestigungspunkte waren sorgfältig isolirt, und das eine Ende direkt zu meinem Instrumente geführt (mit welchem die Messungen vorgenommen wurden). Ich verglich nun die Ladung dieses Drahtes mit der eines Plattencondensators von 1^{mm} Glasdicke und 2,25$\square^{dm}$ Belegfläche. Nach diesen Messungen hat ein oberirdischer Telegraphendraht von 1^m Länge dieselbe Flaschencapacität wie eine 1^{mm} dicke Glastafel mit 100$\square^{mm}$ oder 0,0001$\square^m$ Belegfläche, oder eine deutsche Meile Leitung entspricht einer Flasche von 1^{mm} Glasdicke und etwa 0,755$\square^m$ innerer Belegung".

„Obschon die Höhe des Drahtes über dem Erdboden beträchtlich grösser war, als bei Telegraphenleitungen gebräuchlich ist, so wird doch die Flaschencapacität bei diesen nicht viel grösser sein, da die Capacität meines Drahtes durch hohe Gebäude und Bäume, welche in seiner Umgebung standen, nicht unwesentlich erhöht ist, und da überhaupt der Vertheilungswiderstand mit der grösseren Entfernung vom Boden nur wenig, nämlich im Verhältniss der Logarithmen der doppelten Höhe wächst, und wenn dieselbe gross ist, im Verhältniss zum Durchmesser des Drahtes".

[1]) Pogg. Ann. 102 pag. 108.

Dieses Resultat ist für die Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität von Wichtigkeit, und wir werden bei der Besprechung derselben darauf zurückkommen. Für die Geschwindigkeit hinsichtlich des praktischen Dienstes ist die Ladung zu unbedeutend, als dass sie dabei hindernd auftreten sollte; ganz anders verhält es sich mit diesem Einfluss bei unterirdischen, besonders aber bei einer so langen unterseeischen Leitung, wie der durch das atlantische Meer, da, wie wir gesehen, die Verzögerung im Verhältniss der Quadrate der Längen steht.

Wir schliessen an diese Mittheilungen noch die Beobachtungen von Varley über diesen Gegenstand [1]). Derselbe hat an durch Guttapercha isolirten Drähten von 30 bis 1500 englischen Meilen Länge beobachtet, dass der Strom nicht augenblicklich und nicht in ungeschwächter Intensität das Ende des Leitungsdrahtes erreicht, sondern sich vielmehr Anfangs zerstreut und erst allmälig am entfernten Ende an Intensität zunimmt. Am Ende der 1500 Meilen langen Leitung erlangte der Strom seine grösste Intensität erst nach 7 Sek., und hielt hier umgekehrt, allmälig schwächer werdend, auch noch 7 Sek. an, nachdem am anderen Ende die Verbindung mit der Batterie bereits unterbrochen war. Bei einer so langen Leitung würde mit den gewöhnlichen Telegraphenapparaten ein telegraphisches Zeichen gegen 15 Sek. gebrauchen, um zum anderen Ende zu gelangen, und da jeder Buchstabe aus mehreren solcher Zeichen besteht, so würde man, wenn die Zeichen nicht zusammenlaufen sollen, für die Telegraphirung eines Wortes einen Zeitaufwand von durchschnittlich 3 Minuten nöthig haben.

5. Ladungserscheinungen an Unterseeleitungen von Varley. In neuerer Zeit [2]) sind noch von Varley Versuche veröffentlicht, welche die bisher besprochenen experimentell und durch Folgerungen aus den bekannten Gesetzen der Wirkungsweise der Electricität begründeten Erscheinungen in anderer Weise experimentell nachweisen, wodurch dem Leser noch grössere Einsicht in diese jetzt vielfach besprochenen Thatsachen verschafft wird.

Varley wählte, um die in Rede stehenden Erscheinungen einem grossen Zuhörerkreise vorzuführen, bei seinen Versuchen zwei künstliche Kabel, davon eines das atlantische Kabel zu vertreten hatte, während das andere von derselben Anordnung gewählt war, doch so, dass es einen Widerstand von 13000 engl. Meilen darstellte, als ob es ein Kabel

[1]) Brix Journal I. pag. 287. [2]) Engineer 22. Febr. 1867 p. 169. Chemical News 1. März 1867 p. 102. Dingler 185 p. 1.

zwischen England und Australien zu repräsentiren hätte. Für die atlantische Linie wurde der Drahtkern durch Widerstandsrollen, für die australische wurde derselbe durch Wassersäulen ersetzt, die denselben Widerstand wie die Linie selbst darboten. Der Einfluss der isolirenden Umhüllung des in die See gelegten Kabels wurde mittelst Condensatoren von derselben Inductionsfähigkeit, wie jene Umhüllung ersetzt, welche in nahe gleichen Abständen in die ganze künstliche Linie zu diesem Zwecke eingeschaltet wurden.

Für die Linie nach Australien waren 10 Stationen angenommen, nämlich Gibraltar, Malta, Suez, Aden, Bombay, Calcutta, Rangoon, Singapore, Jaffa und Australien. Als Empfangsapparat wurde an jeder dieser Stationen ein sehr empfindliches Reflections-Galvanometer eingeschaltet, d. h. ein Galvanometer, dessen Nadelablenkung durch einen an der Nadel befestigten Spiegel, oder durch spiegelnde Nadeln sichtbar gemacht wurde. Die Spiegel waren durch eine elektrische Lampe beleuchtet und so eingerichtet, dass alle 10 Bilder derselben sich auf einem Schirme in einer Senkrechten darstellten, wenn kein Strom wirkte. Dadurch nahm man sogleich jede geringe Abweichung derselben wahr, wenn ein Strom sie bewegte.

Als Stromerreger benutzte Varley 800 kleine Daniell'sche Elemente und sandte mittelst dieser Säule und eines Submarinschlüssels, den wir später kennen lernen, abwechselnd positive und negative Ströme von der englischen Station aus durch die Leitung, welche am anderen Ende mit der Erde verbunden war. Diese Ströme zeigten zuerst ein Zeichen auf der ersten Station; etwa eine bis zwei Sekunden später erhielt Malta das Zeichen und so fort nach einander alle folgenden Stationen, bis dasselbe etwa nach einer halben Minute zuletzt an dem australischen Ende wahrnehmbar wurde. Varley hebt besonders hervor, dass zwar gleich zu Anfang durch die ganze Strecke der elektrische Zustand vorhanden ist, dass derselbe aber Anfangs viel zu schwach sei, als dass er durch irgend eines der den Strom anzeigenden Mittel sogleich zu erkennen wäre. Erst nach einer bestimmten Zeit, die für jedes Kabel eine andere ist, nimmt dieser elektrische Zustand in wahrnehmbarer Weise zu und erreicht ein bestimmtes Maximum. Man kann mithin in diesem Falle nicht von der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Stromes sprechen, sondern nur fragen, in welcher Zeit der Strom einen Theil der Maximalstärke erreiche.

Wenn nun an den sich bewegenden Spiegelbildern keine Steigerung des Stromes mehr wahrnehmbar war, und dann auch das Ende auf der englischen Seite mit der Erde in Verbindung gesetzt wurde; so sah man

einen sehr starken Endladungsstrom zuerst auf der Station in Gibraltar, dann auf der in Malta etc., welche Ströme der früheren Richtung entgegengesetzt waren, während zu gleicher Zeit von der australischen Station rückwärts sich nach der anderen Seite dieselbe Entladung wahrnehmbar machte. Das in der Mitte befindliche Bombay aber zeigte keine Ablenkung. Dieses Experiment lehrt, dass ein geladenes Kabel, wenn beide Enden mit der Erde verbunden werden, auf beiden Enden sich in gleicher Weise zur Erde entladet, und dass die Entladung sich eben so langsam bis zur Mitte hin fortsetzt, wie zuvor die Ladung fortgeschritten war.

Darauf wurden abwechselnd positive und negative Ströme durch das Kabel gesendet, und nun zeigte sich auf den Zwischenstationen das Neutralisiren der Rückströme und die Steigerung der Geschwindigkeit der Signalbeförderung durch dieses Verfahren.

Schliesslich zeigte Varley noch die Ladung eines unter Wasser liegenden Kabels dadurch, dass er die aus 800 Elementen bestehende Batterie durch das Kabel mit und ohne Condensatoren schloss. Im letzteren Falle war die Schlagweite, so wie die Wirkung des Funkens beim Oeffnen der Kette unbedeutend; wurden dagegen die Condensatoren wieder eingeschaltet, so konnte durch den Trennungsfunken ein Stück Stanniol plötzlich unter starker Explosion geschmolzen werden.

In gleicher Weise zeigte sich die Ladung daran, dass eine Geissler'sche Röhre, welche zwischen das eine Ende des atlantischen Kabels und der Erde eingeschaltet wurde, erst nach mehreren Sekunden die Anwesenheit des Stromes zu erkennen gab, und als die Ladung an diesem Ende etwa die Hälfte des Maximums erreicht hatte, zeigte sich ein prachtvolles Licht in der Röhre. Diese Röhre bot dem Strome einen Widerstand, der gegen 400 Elementen der angewandten Kette äquivalent war. Auch eine darauf an dem anderen Ende des Kabels bei seiner Entladung angebrachte Geissler'sche Röhre kam zum Leuchten, bis endlich beide Röhren mit der allmähligen Entladung immer geringere Lichtstärke zeigten.

Alle diese Versuche beweisen, dass ein ins Meer versenktes Kabel, von dem das eine Ende mit der Batterie, das andere mit der Erde in Verbindung steht, die Rolle einer grossen Leydner-Batterie einnehmen müsse, welche sich in die Kette einer galvanischen Stromquelle eingeschaltet befindet.

6. Schadhafte Unterseeleitungen. Es ist leicht einzusehen, dass die Schwierigkeiten bei der Reparirung eines schadhaft gewordenen

Kabels viel grösser sind, als bei den unterirdischen Leitungen. Die Schwierigkeit liegt sowohl in dem Emporheben wie in dem Wiedereinsenken des Kabels. Bevor man an diese Arbeit geht, wird mittelst der Widerstandsbestimmungen, wie sie vorn angegeben sind[1]), annähernd die Gegend der Verletzung mit Zuhülfenahme einer Seekarte, auf der die Lage des Kabels genau eingetragen ist, bestimmt. An dieser Stelle wirft das beauftragte Schiff, je nachdem es vor der Ebbe oder Fluth ist, eine halbe Meile unterhalb oder oberhalb den Anker aus, und lässt sich dann von der Strömung langsam treiben. Sobald nun die Zinken des Ankers das Kabel fassen, wird das Schiff aufgehalten, und man hebt nun mit Behutsamkeit das Kabel und legt dasselbe in die Rinne einer Rolle an der Seite des Schiffes, welches darauf dem Kabel entlang der schadhaften Stelle entgegen fährt. Ist das Kabel zerrissen, so deutet sich die Annäherung an den Bruch durch schnelles Hinabschiessen des Kabels von der Rolle an. Nachdem darauf beide emporgezogene Enden auf ihre Isolation bis zur Küste geprüft sind, wird ein neues Stück Kabel eingesetzt und dasselbe dann behutsam hinabgelassen, damit es sich nicht in Schlingen oder Knoten legt.

Ist das Kabel nicht zerrissen, sondern nur beschädigt, so wird je nach Erforderniss dasselbe ausgebessert oder das schadhafte Stück durch ein neues Ende ersetzt.

Ein eigenthümliches Verfahren, ein schadhaft gewordenes Kabel auszubessern, wandte **Hipp**, Director der schweizerischen Telegraphen, an[2]). Eine einige Monate zuvor durch den Vierwaldstätter See gelegte Telegraphenleitung, welche Bauen mit Flüelen 18000′ verband, zeigte sich so mangelhaft isolirt, dass von dem Strome mehr verloren ging, als hindurch gebracht werden konnte. Die Untersuchung auf eine kurze Strecke zeigte, dass die den Draht umgebende Guttapercha spröde geworden war, und somit Brüche erhalten haben konnte, woraus sich der Fehler erklären liess. Ein Aufnehmen des Taues war, weil sich dasselbe in den Schlamm eingewühlt hatte, unmöglich, und es musste verloren gegeben werden, wenn nicht eine Isolation, ohne es aufzuheben, hergestellt werden honnte.

Nun ist bekannt, dass, wenn man von den Polen einer Batterie zwei Drähte ins Wasser leitet, an dem positiven Drahte Sauerstoff entwickelt wird, und wenn dieser Draht aus unedlem Metalle besteht, der Sauerstoff das Metall oxydirt. Da nun die Metalloxyde schlechte Leiter sind, so war es möglich, die etwa in der Guttapercha entstandenen Risse

[1]) Siehe diesen Abschnitt § 3 No. 4. [2]) Brix Journal IV. pag. 73.

mittelst Metalloxyd auszufüllen, wenn der positive Strom einer starken Batterie längere Zeit durch den Draht geleitet würde. Hipp liess daher von Luzern aus diese Operation mit 72 Elementen vornehmen. Hierbei betrug der Stromverlust 32 bis 36°, wenn der Draht in Flüelen isolirt war, während gewöhnlich bei einem Strome von 30° an demselben Galvanometer telegraphirt ward.

„Den 5. Dez.," sagt Hipp, „begann die Operation und am 8. erhielt ich folgende Depesche: Die Operation thut Wunder. Ableitung auf der unterseeischen Linie von Luzern nach Altorf 3°, von Altorf nach Luzern 2°, schriftlich mehr."

Den ganzen ersten Tag blieb nämlich der Stromverlust gleich stark, erst am zweiten ging er auf 20°, am dritten auf 8° herunter, und am vierten zeigte sich das oben angegebene Resultat. Nach drei Wochen, während welcher Zeit die Batterie immer in gutem Zustande erhalten wurde, war der Verlust nur noch 1°.

Dieses Resultat zeigt, dass die von Hipp gemachten Schlüsse richtig waren.

7. Prüfung der Kabel auf ihren Leitungszustand. Die sich in den submarinen Leitungen zeigenden Fehler haben meist ihren Grund in der fehlerhaften Umhüllung durch die Guttapercha, und so lange dünne Stellen derselben nicht vermieden werden, wird die Isolirung der Kabel beim Gebrauch allmälig immer schlechter werden.

Das Ueberziehen des Drahtes mit Guttapercha hat in neuester Zeit wichtige Vervollkommnungen erfahren, so dass das für die Strecke Rangoon-Singapore bestimmte Kabel zehn Mal besser isolirt war, als die Kabel der Linien im rothen Meere und nach Indien vor deren Legung.

Diese bedeutende Verbesserung der Isolirung wird besonders dadurch bewirkt, dass jede einzelne Meile des Drahtes für sich auf ihre Leitungsfähigkeit und ihre Isolation geprüft wird. Werner und William Siemens beschreiben das von ihnen beobachtete Verfahren bei diesen Prüfungen folgendermassen [1]).

Da die Isolationsfähigkeit der Guttapercha sich bei der Temperaturerhöhung bedeutend verringert, so werden die Prüfungen bei einer Temperatur von 24° C. ausgeführt, eine Temperatur, bei der die Leitungsfähigkeit dieses Isolationsmittels 7 mal grösser ist, als bei 5°, und die in der Wirklichkeit nach der Legung selten überschritten wird. Ferner

[1]) Brix Journal VII. pag. 114.

werden die Leitungen vor der Messung einem hydraulischen Drucke von mindestens 600 Pfund auf den Quadratzoll ausgesetzt, damit das Wasser in die etwa vorhandenen Höhlungen oder Risse der Guttaperchahülle eindringe.

Als Einheit ward die vorn angegebene Widerstandseinheit von Siemens genommen[1]), und zur Messung die Wheastone'sche Brücke angewandt[2]).

Für kürzere Kabelenden war jedoch dieses Verfahren nicht anwendbar, es wurde dann meist eine Sinusbussole benutzt und die Ablesungen nach Graden auf Widerstandseinheiten zurückgeführt.

Um die Sinusbussole für grosse und geringe Widerstände mehr oder weniger empfindlich zu machen, wurde über die Drahtwindungen derselben noch eine zweite Lage von verhältnissmässig wenigen Windungen gelegt und durch diese permanent der Strom einer kleinen constanten Batterie geleitet. Der zur Prüfung der Isolation dienende Strom geht durch die inneren, ursprünglichen Umwindungen des Instruments; der Strom in den äusseren Windungen geht in entgegengesetzter Richtung und wird durch Einschaltung von Widerständen so regulirt, dass er die Einwirkung des anderen auf die Magnetnadel gerade aufhebt, diese also in der Ruhelage verbleibt.

Wächst die Länge des Kabels, so muss der Widerstand in der Kette der äusseren Umwindungen so weit vermindert werden, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist, und da der Werth der Widerstandsänderung in Einheiten bekannt ist, so braucht man diese Zahl nur mit dem festen Verhältniss zwischen den Einwirkungen beider Umwindungen auf die Nadel zu multipliciren, um das gewünschte Resultat zu erhalten.

Zur Ausführung der Untersuchung wird das Kabel in ein eisernes Gefäss mit Wasser von 24° C. gebracht. Das eine Ende des Kabels bleibt isolirt, während die Kupferlitze des anderen Endes mit dem in der Fig. 96 bezeichneten Ausschalter verbunden wird. Die ganze Anordnung ergiebt sich aus Fig. 96.

Sei W, Fig. 96, der Widerstand der inneren Umwindungen der Sinusbussole,

W, der ihnen hinzugefügte Widerstand,

m die Anzahl der Elemente der Batterie, welche in diesen Kreis eingeschaltet ist,

[1]) Siehe Absch. I. § 4 No. 8. [2]) Ib. Nr. 5.

w der Widerstand der äusseren Umwindungen, welche der grösseren Deutlichkeit wegen neben den anderen gezeichnet sind,

$w_{,}$ der in diesen Kreis eingeschaltete Widerstand,

n die Anzahl der Elemente der zugehörigen Batterie,

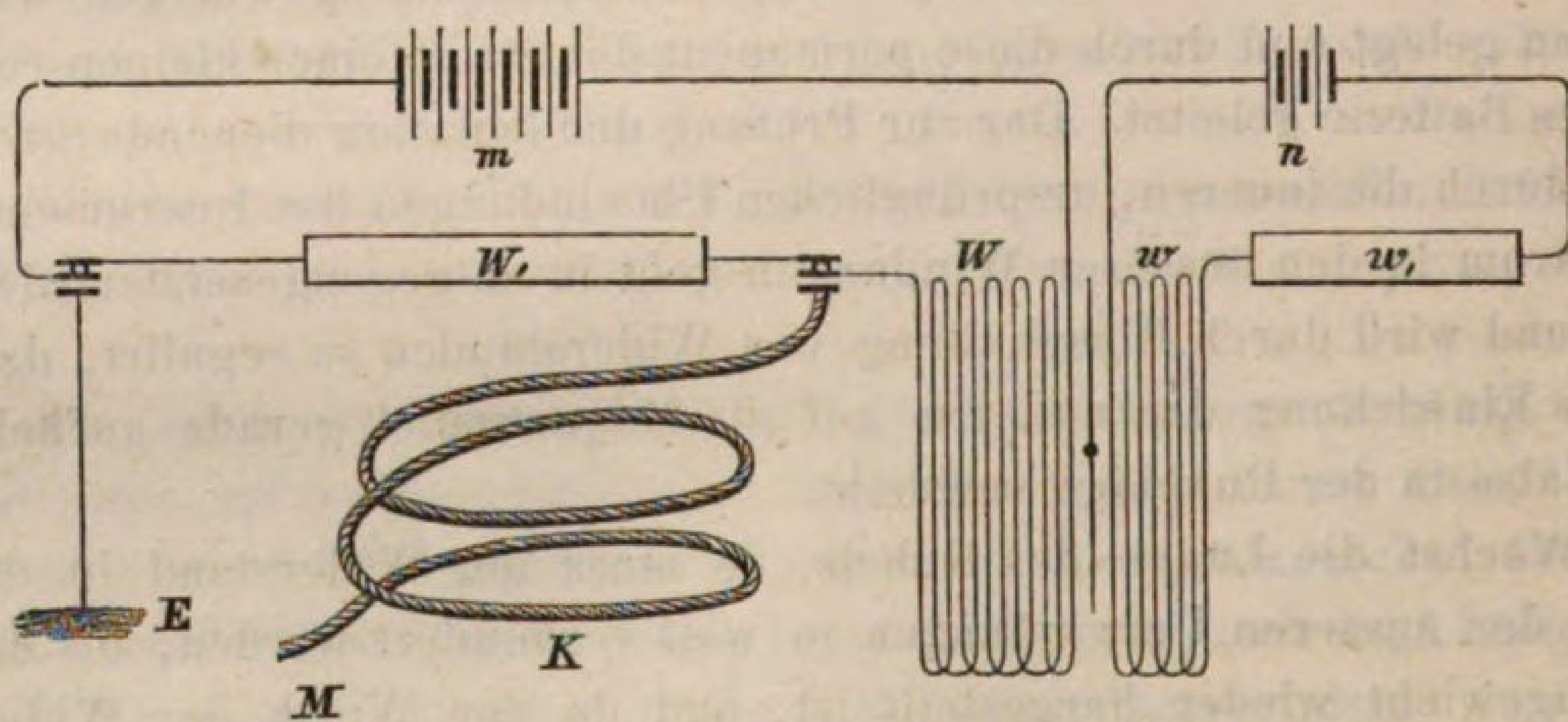
K der Coëfficient, welcher das constante Verhältniss zwischen den Einwirkungen beider Umwindungen auf die Nadel darstellt,

so ist

$$\frac{n}{w+w_{,}}K=\frac{m}{W+W_{,}}\text{, oder}$$

$$K=\frac{m}{n}\cdot\frac{w+w_{,}}{W+W_{,}}.$$

Fig. 96.



Wird an Stelle von $W_{,}$ der unbekannte Widerstand x des Kabels eingeschaltet, und $w_{,}$ so verändert in V, dass die Nadel wieder in der Ruhelage sich befindet, so ist, wenn angenommen wird, dass die Zahl der Elemente in den Batterieen in M und N umgeändert seien:

$$\frac{M}{W+x}=K\cdot\frac{N}{w+V}\text{, oder}$$

$$x=\frac{1}{K}\cdot\frac{M}{N}\cdot(w+V)-W,$$

und nach Einführung des obigen Werthes von K:

$$x=\frac{M}{N}\cdot\frac{n}{m}\cdot\frac{W+W_{,}}{w+w_{,}}(w+V)-W.$$

Der Hauptvortheil dieser Anordnung besteht darin, dass die Empfindlichkeit des Instrumentes ungeändert bleibt. Bei der Messung des Isolationswiderstandes kurzer Kabelenden, wo dieser Widerstand also

sehr gross ist, kann der Widerstand der beiden Umwindungen des Instruments W und w vernachlässigt werden, und man kann sich alsdann der kürzeren Formel

$$x = \frac{M}{N} \cdot \frac{V}{K}$$

bedienen. Der Coëfficient K ist abhängig von der Empfindlichkeit des Instruments und braucht daher nur ein für alle Male bestimmt zu werden.

Um den Isolationswiderstand isolirter Drähte aus dem specifischen Leitungsvermögen der verwendeten Materialien zu berechnen, und umgekehrt, benutzt Siemens die Formel[1]):

$$W = \frac{C. \log. \text{nat.} \frac{R}{r}}{2\pi l . \lambda}$$

in der r den Radius des Drahtes, R den der Guttapercha, l die Länge und λ das specifische Leitungsvermögen des Drahtes bedeuten.

Bezeichnet nämlich dx die Dicke eines Cylinderdifferentials im Abstand x von der Längenaxe, so ist sein Widerstand

$$dw = \frac{dx}{2\pi\lambda . lx}$$

und der ganze Widerstand:

$$W = \frac{1}{2\pi l\lambda} \int_r^R \frac{dx}{x} = \frac{\log. \text{nat.} \frac{R}{r}}{2\pi l\lambda}.$$

7. Das elektrische Vertheilungsvermögen. Ausser diesen Prüfungen in Bezug auf das Leitungs-, besonders aber auf das Isolationsvermögen, ist es nun von grösster Wichtigkeit, das elektrische Vertheilungsvermögen des Kabels zu messen. Neuere Versuche haben nämlich gelehrt, dass das specifische Vertheilungsvermögen isolirender Körper von weit grösserer Beständigkeit ist, als ihre specifische Leitungsfähigkeit. Ausserdem ist das Vertheilungsvermögen unabhängig von lokalen Fehlern der Isolirschicht und hängt wesentlich von der geometrischen Gestalt des Isolators ab. In der Messung des Vertheilungsvermögens einer gegebenen Länge des Kabels und Vergleichung des

1) Pogg. Ann. 102 pag. 103.

Resultats mit dem mittleren Vertheilungsvermögen des angewendeten Materials hat man daher ein Mittel, mit grosser Sicherheit zu entscheiden, ob das isolirende Material auf der ganzen Länge in gleicher Stärke um den Leitungsdraht gelegt ist, oder ob dieser theilweise excentrisch liegt. Die Kenntniss des Vertheilungsvermögens eines Kabels ist überdies unerlässlich, um im Falle, dass ein Bruch des Leitungsdrahtes vorkommt, bei welchem das Bruchende isolirt bleibt, die Lage des Fehlers bestimmen zu können.

Nach Faraday's Ansicht wird die vertheilende Wirkung, etwa von der innern Belegung einer Leydner Flasche nach der äussern, von Atom zu Atom durch das dielektrische Mittel fortgepflanzt, und Siemens Untersuchungen haben ihn zu derselben Ansicht geführt[1]). Hiernach sind die Gesetze der Bewegung von Wärme und Elektricität direkt auf die elektrische Vertheilung anwendbar, und es kann das Vertheilungsvermögen ausgedrückt werden durch das Produkt aus dem Leitungsvermögen und einem constanten Factor, dessen Werth von der Natur des isolirenden Materials abhängt.

Nach dieser Betrachtungsweise ergiebt sich für das Vertheilungsvermögen von Kabeln die Formel:

$$K = \frac{J\,C}{\text{log. nat.}\,\frac{R}{r}},$$

wo J das specifische Vertheilungsvermögen und C den constanten Factor, r und R den innern und äussern Radius des Kabels bedeuten.

Bei der Messung des Vertheilungsvermögens wendet Siemens ein Instrument an, welches eine rasche Aufeinanderfolge von Ladungs- und Entladungsströmen zu erzeugen erlaubt, die durch das Galvanometer geführt, eine stetige Ablenkung der Nadel hervorbringen, die leicht und mit grosser Sicherheit abgelesen werden kann. Der Werth dieser Ablenkungen wird nach folgender Formel berechnet:

$$K = \frac{1}{E} \,.\, \mathrm{C} \sin \mathrm{A},$$

wenn A den Winkel bedeutet, um den der Theilkreis der Sinusbussole gedreht worden, damit die Nadel wieder auf 0 stehe, C die Anzahl der Ladungs- und Entladungsschläge in der Sekunde, E die elektromotorische Kraft der Batterie.

Ist K' das Vertheilungsvermögen der zur Vergleichungseinheit ge-

[1]) Pogg. Ann. 102 pag. 93.

wählten Leydner Flasche und A' die entsprechende Nadelablenkung, so ergiebt sich die Formel:

$$K = K' \frac{\sin A}{\sin A'}.$$

Die nach diesen Formeln untersuchten Kabel ergaben, dass das specifische Vertheilungsvermögen bei allen mit Guttapercha bekleideten Drähten nahe dasselbe und vollkommen unabhängig von ihrem specifischen Leitungsvermögen ist, während Kautschuck und Mischungen, in denen es enthalten ist, ein weit geringeres Vertheilungsvermögen besitzen.

9. Prüfung beim Legen des Kabels. Damit nicht beim Versenken des Kabels Fehler entstehen, oder vorhandene übersehen werden, verfährt Siemens folgendermassen[1]).

Um die Lage eines Fehlers zu bestimmen, muss das Kabel vom Lande und vom Schiffe aus geprüft werden; denn die Messung von einer Seite giebt nur das Maximum der Entfernung des Fehlers an.

Auf der Landstation befindet sich ein Uhrwerk, welches das Ende des Kabels abwechselnd kurze Zeit mit der Erde, dann mit dem Pole einer Batterie in Verbindung setzt und dann einige Zeit isolirt hält.

Auf dem Schiffe ist beständig ein Widerstandsmessapparat mit der Linie verbunden. Durch Herstellung des Gleichgewichts an der Wheatstone'schen Brücke ist der leitende Ingenieur im Stande, abwechselnd den Widerstand der Isolationsschicht und den des Leitungsdrahtes zu bestimmen. Aus letzterem lässt sich auf die Continuität des Leiters schliessen.

Der Beamte auf der Station beobachtet ebenfalls diese beiden Daten und theilt sie telegraphisch dem Schiffe mit. Wenn diese vier Daten erheblich von einander abweichen, so ist dadurch das Vorhandensein eines Fehlers indicirt, dessen Lage durch Rechnung aus den beobachteten Daten gefunden werden kann. Diese Methode ist zwar sehr ermüdend, hat sich aber beim Legen des Kabels nach Indien als sehr zweckmässig erwiesen. Auf der Strecke Aden—Kurachee war man durch diese Beobachtungsmethode im Stande, in fünf verschiedenen Fällen Fehler zu ermitteln, die dann ohne Aufenthalt beseitigt werden konnten.

1. Sind beide Enden der Kabel zur Hand, so dass die schematische Darstellung der Verbindung durch Fig. 97 gegeben ist, und stellen

[1]) Brix Journal VII. pag. 198.

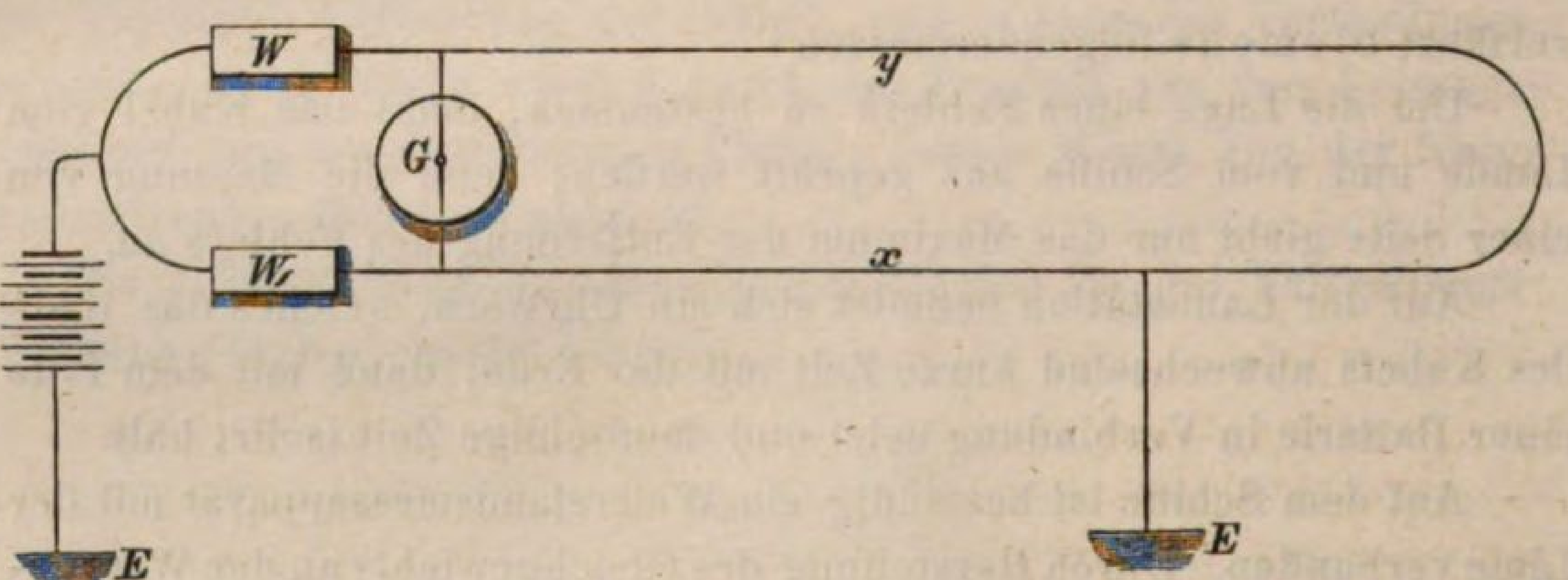
x und y die Abstände des Fehlers von den Enden dar, ist l die Länge des ganzen Kabels, G ein Galvanometer, sind W und $W_{,}$ zwei Rheostaten, und werden W und $W_{,}$ so regulirt, dass die Galvanometernadel in der Ruhelage verbleibt, so wird die Lage des Fehlers durch die Formel:

$$1)\qquad x = \frac{l \,.\, W}{W + W_{,}}$$

gegeben.

2. Diese Methode ist bei einem einfachen Kabel nicht anwendbar. Es sei c der Widerstand der ganzen Länge des Kabels, x und y die Widerstände vom Fehler bis zu beiden Enden, Z der Widerstand des

Fig. 97.



Fehlers selbst; $a_{,}$ und $b_{,}$ die Widerstände, welche von beiden Enden gemessen werden, während die respectiven anderen Enden isolirt sind, und a und b die entsprechenden Widerstände, wenn die resp. anderen Enden mit der Erde verbunden sind. Dann ist nach dem Ohm'schen Gesetz:

$$c = x + y,$$
$$a_{,} = x + Z,$$
$$b_{,} = y + Z,$$
$$a = x + \frac{Zy}{Z + y},$$
$$b = y + \frac{Zx}{Z + x}.$$

Durch Elimination von y und Z finden sich für x folgende Ausdrücke:

$$2.\qquad x = \frac{a_{,} - b_{,}}{2} + \frac{c}{2}.$$

$$3.\quad x = a\frac{c-b}{a-b}\left(1-\sqrt{\frac{b}{a}\cdot\frac{c-a}{c-b}}\right).$$

$$4.\quad \frac{x}{y} = \sqrt{\frac{a}{b}\cdot\frac{c-b}{c-a}}.$$

$$5.\quad x = a - \sqrt{(a_,-a)(c-a)}.$$

Wenn das Kabel schon vor Auftreten des in Frage stehenden Fehlers nicht vollkommen gut isolirt war, so bieten die vor Eintritt des neuen Fehlers vorgenommenen Messungen von $a_,$ und $b_,$ und a und b ein Mittel, den Widerstand γ des schon vorher vorhandenen Isolationsfehlers annähernd zu bestimmen. Mit Hülfe dieses Werthes ergiebt sich dann aus den nach Eintritt des Fehlers an der am resp. andern Ende isolirten Leitung angestellten Messungen a_2 und b_2 der Ort des neuen Fehlers.

$$6.\quad x = a_, - \gamma\sqrt{\frac{a_, - a_2}{b_, - b_2}}$$

Diese Formel bezieht sich auf den Fall, wo der neue Fehler zwischen der Station, deren Aufzeichnungen mit a, $a_,$, a_2 bezeichnet sind, und dem alten Fehler γ gelegen ist; liegt der neue Fehler von dieser Station aus jenseits des alten, so ist:

$$x = a_, - 2\gamma + \gamma\sqrt{\frac{b_, - b_2}{a_, - a_2}}$$

und y erhält dann die Form des obigen x.

Bei allen diesen Versuchen muss die Batteriestärke so regulirt werden, dass die Polarisation an der Fehlerstelle stets möglichst gleich ist. Zu dem Ende wird durch vorläufige Messungen zunächst der Ort des Fehlers annähernd bestimmt, und dann für die eigentliche Messung die Zahl der Elemente in den Batterieen so regulirt, dass der von der einen oder von der anderen Seite her durch die Fehlerstelle zur Erde gehende Strom stets nahe dieselbe Stärke hat. Bei der Beobachtung selbst muss man abwarten, bis die Polarisation ihr Maximum erreicht hat.

Auf die Formel 6 ist deshalb besonders Werth zu legen, weil sie allein in den Stand setzt, neue Fehler in einem alten, schon fehlerhaften Kabel zu ermitteln, wenn nur ihr vorheriger Isolationszustand bekannt ist. Leider fehlen fast bei allen früher gelegten Kabeln die darauf bezüglichen Daten.

10. Freiwillige Erhitzung von Kabeln. William Siemens in London hat auf einen sehr eigenthümlichen Umstand aufmerksam gemacht, der es nicht unwahrscheinlich erscheinen lässt, dass manche früher gelegten Kabel bereits vor der Legung halb und halb verdorben waren. Der getheerte Hanf nämlich, welcher die Guttaperchahülle bedeckt, hat die unbequeme Eigenschaft gezeigt, sich, wenn das Kabel in Rollen aufgestapelt ist, zu erhitzen[1]).

Um dies zu prüfen, was frühere Wahrnehmungen angedeutet hatten, construirte Siemens ein sogenanntes Widerstandsthermometer, welches in einem mit isolirten Kupferdrahtwindungen umgebenen 47^{cm} langen Metallstab besteht und die Erwärmung bei Hindurchsendung eines Stromes durch den vergrösserten Widerstand andeutet.

Mittelst solcher Thermometer, deren er eine Anzahl in regelmässigen Intervallen in die Lagen des am Bord des Schiffes aufgestapelten Rangoon-Singapore Kabels einlegen liess, beobachte nun Siemens Folgendes:

Nachdem das Kabel etwa 10 Tage im Raume des Schiffes gelegen (bis dahin hatte es sich in einem Wasserbecken auf dem Hofe des Fabrikanten befunden), zeigten die im Innern des Kabelstosses befindlichen Thermometerrollen sehr deutliche Spuren von Erwärmung, während die näher der Oberfläche und dem Boden befindlichen Rollen noch keine merklich höhere Temperatur als die des Schiffsraumes angaben, die etwa 60° Fahr. betrug. Die Temperatur stieg nun stetig um etwa 3° Fahr. pro Tag bis auf 86° Fahr., und das Kabel würde unrettbar in einigen Tagen verloren gewesen sein, wenn man die Erwärmung noch länger ungestört hätte fortschreiten lassen.

In Anbetracht der verhältnissmässig niedrigen Temperatur der Oberfläche des Kabels wurden vielfach von Zuschauern Zweifel an der Zuverlässigkeit dieser Resultate geäussert; aber alle Zweifel schwanden sofort, als grosse Massen kalten Wassers von der Temperatur 42° auf das Kabel gepumpt wurden und dieses vom Boden mit der Temperatur 72° Fahr. abfloss.

Hieraus geht die Nothwendigkeit hervor, die Kabel in einer Weise zu transportiren, welche eine beliebig oft wiederholbare Abkühlung möglich macht.

[1]) Brix Journal VII. pag. 253.

§. 5.
Das atlantische Kabel.

1. Die submarinen Kabel. Ohne Zweifel ist es das grösste Unternehmen, welches bis jetzt auf dem Gebiete der elektromagnetischen Telegraphie zur Ausführung gekommen ist, die Verbindung der alten mit der neuen Welt. Wenngleich das wiederholte Verunglücken dieses grossartigen Unternehmens so manche kühne Hoffnung der Unternehmer vernichtete, so viele Mühe vergebens machte und erhebliche Summen verloren gehen liess: so wiegt doch dieser Preis, mit dem das endliche Gelingen erkauft worden, nicht im entferntesten die Vortheile auf, die dieses Gelingen auf geistigem wie materiellem Gebiete gewährt.

Wohl kaum hat Jemand, als das erste Kabel in's Wasser versenkt ward, daran gedacht, dass mit demselben der Anfang zu einer Reihe von Unternehmungen gemacht worden war, die mit Recht eine Titanenarbeit genannt zu werden verdient. Nachdem 1846 Siemens und Halske zuerst einen Kupferdraht behufs unterirdischer Telegraphenleitung mit Guttapercha überzogen hatten, legte der Dirigent der Südwesteisenbahngesellschaft eine 2 Meilen lange Seeleitung. Der günstige Erfolg dieser Leitung veranlasste J. Brett einen einfachen mit Guttapercha überzogenen Kupferdraht von $2^1/_2{}^{mm}$ Dicke dessen Durchmesser mit der Hülle 6^{mm} betrug, von Dover nach Calais (Cass Gris-nez) zu legen. Am 28. August 1850 geschah diese Verbindung der beiden Länder, allein schon nach wenigen Tagen, nachdem man bereits telegraphische Correspondenz geführt hatte, zerriss dieses Kabel.

Bereits am 25. Sept. 1851 wurde von derselben Gesellschaft ein neues Kabel gelegt, welches aus vier mit Guttapercha überzogenen Kupferdrähten bestand und mit einer verzinkten Eisenhülle aus 10 Eisendrähten umsponnen war. Dieses Kabel unterhielt bis 1859 die telegraphische Verbindung zwischen England und dem Festlande.

Darauf wurden von 1851 bis 1860 im Ganzen 2500 deutsche Meilen Kabellänge an verschiedenen Stellen gelegt, aber am Ende dieser Zeit waren von ihnen nur noch etwa 600 Meilen vorhanden.

2. Das erste atlantische Kabel. Cyrus Field war der Haupturheber der Idee der Legung des atlantischen Kabels. Nachdem im Juli 1856 das Küstenkabel von 75 englichen Meilen von Newfoundland nach Cap Breton glücklich gelegt war, schritt man zu der Legung des

eigentlichen Kabels, zu dessen Herstellung eine Gesellschaft 375000 Pfund Sterling aufgebracht hatte. Obgleich die Strecke von Irland bis Newfoundland nur 1640 engl. Meilen beträgt, hatte man doch 2500 Meilen Kabel anfertigen lassen. Man begann mit der Legung von der irischen Küste ab. Nachdem das Küstenkabel ein paar Male gerissen und wieder verbunden worden war, begann am 8. August die Legung des Tiefseekabels. Vom 9. bis zum 10. August verlief die Legung ohne Unfall, die Wassertiefen waren nur unbedeutend — zwischen 90 und 400 Faden. — Am 10. stieg die Tiefe schnell von 550 bis 1750 Faden, 10150 preuss. Fuss. — Durch die jetzt wirkende Last des herabhängenden Kabels erlitt dasselbe Beschädigungen, und um 9 Uhr Abends hatte alle telegraphische Verbindung mit dem Festlande aufgehört. Während dessen aber schritt man in der Legung fort, bis am 11. um 4 Uhr Morgens das Kabel mit einem kurzen Ruck 120 Fuss unter dem Wasserspiegel abriss. Man befand sich 274 Meilen vom Lande, die Meerestiefe betrug 2050 Faden, und es waren 334 Meilen Kabel gelegt. Darauf verband man die beiden Theile des Kabels, welche auf den beiden Schiffen Niagara und Agamemnon vertheilt waren, und versuchte nun, nachdem bisher nur der Niagara ausgelegt hatte, von beiden Schiffen zugleich auszulegen, indem diese nach entgegengesetzten Seiten fuhren. Das Kabel erreichte zwar glücklich den Grund, zerriss aber bald auf dem Agamemnon. So war für dieses Jahr die Unternehmung gescheitert.

Am 25. Juni des folgenden Jahres wurde die zweite Expedition mit denselben Schiffen ausgerüstet. Unter dem 25⁰ n. B. und 33⁰ w. L. trafen sich beide Schiffe und fuhren nun in entgegengesetzten Richtungen, nachdem sie ihre Kabelenden zusammengefügt hatten. Aber nach kurzer Zeit riss das Kabel auf dem Niagara. Man kehrte zur Abfahrstelle zurück, spliesste die Kabel auf's Neue und fuhr wieder auseinander. Nachdem 290 engl. Meilen gelegt waren, riss das Kabel auf dem Agamemnon. Alle Versuche die Legung wieder zu beginnen waren vergeblich, und man kehrte nach Queenstown zurück.

Das war das Ende der zweiten atlantischen Kabelexpedition.

Aber am 17. Juli steuerten die Unternehmer wieder nach dem Unternehmungsplatze, und am 29. Juli wurden die Enden gespliesst und der Niagara fuhr nach Amerika, der Agamemnon nach Europa. Obgleich auch diesmal Unfälle nicht fehlten, so wurde doch nach sieben Tagen am 4. Aug. die Legung vollendet, und diese Nachricht von Amerika nach Europa und umgekehrt telegraphirt. Aber nach dem Austausch weniger Depeschen versagte das Kabel. Auch dieses war verunglückt.

3. Das Kabel von 1865. Nun aber war das Interesse des Publikums für dieses Unternehmen geschwunden, und nur langsam brachten die Unternehmer die nöthigen Mittel wieder auf. Die Construction des Kabels wich jetzt von der früheren ab. Die Länge des verbrauchten Kupferdrahtes war 25000 Meilen, die des Eisendrahts 35000 und die der Hanfstränge 400000 Meilen. Am 10. Juni 1865 war das ganze Kabel wiederum fertig, und das Riesenschiff „Great Eastern“ stand zur Aufnahme des ganzen Kabels bereit. Die Länge dieses Schiffes beträgt 217^m, seine Breite 27^m und seine Höhe 18^m. Unterhalb des Wassers bestehen seine Wände aus $1{,}96^{cm}$ dicken doppelten Eisenplatten, die einen Zwischenraum von circa 1^m zwischen sich lassen. Die Schaufelräder haben 18^m, und die Schraube hat $7{,}5^m$ Durchmesser.

Nachdem am 23. Juli das Ende des bereits gelegten Küstenkabels mit dem Tiefseekabel verbunden war, segelte der Great-Eastern ab. Anfangs ging Alles gut, aber Abends bemerkte der Elektriker einen Fehler, als bereits 78 Meilen ausgelegt waren. Die Berechnung des Ortes des Fehlers gab kein genügendes Resultat, und der Leiter der Expedition musste sich entschliessen, das Kabel zu durchschneiden und das versenkte Stück wieder so weit auf das Schiff zu ziehen, bis die fehlerhafte Stelle sich zeigen würde. Diese Arbeit währte über 24 Stunden, und es zeigte sich eine Stelle, wo ein zerbrochener Eisendraht quer durch die Guttapercha gedrungen war und so den Strom nach aussen ableitete. Nach Entfernung des Fehlers begann am 24. Nachmittags die Legung von Neuem. Doch schon 10 Minuten später bemerkte man einen neuen Fehler, der jedoch wahrscheinlich auf der Landstation verursacht war, denn später war Alles wieder in Ordnung. Nun ging die Arbeit weiter bis zum 29. Juli wo sich ebenso wie am 31. Juli bis zum 2. August Fehler zeigten, die aber immer wieder beseitigt wurden. An diesem Tage zeigten sich wiederum Hindernisse, die ein Anhalten des Laufes des Great-Eastern nöthig machten. Durch dieses Stillstehen des Schiffes wird es unmöglich, dasselbe zu lenken, es drehte sich um einen rechten Winkel, und das Kabel kam aus der Rolle über die es zurückgewunden wurde. Beim wieder in Ordnung bringen erhielt das Kabel mehrere Beschädigungen, und nachdem noch eine kleine Strecke empor gewunden war, riss es plötzlich vor dem Dynamometer ab und versank in die Tiefe. Mehrere Versuche dasselbe wieder empor zu holen blieben erfolglos. Endlich war, nachdem das 3 mal heraufgeholte Seil immer wieder versunken war, alle Kraft, wie fast jedes Mittel erschöpft, und man kehrte am 17. Aug. un-

verrichteter Sache nach Valencia zurück. Auch diese Expedition war missglückt.

4. Das Kabel von 1866. Trotz der immer sich wiederholenden Unglücksfälle schritt man gleich nach der Rückkehr der Expedition zur Anfertigung eines neuen Kabels. Man bedurfte für die neue Linie 1960 Seemeilen, für die Ergänzung des im vorhergehenden Jahre verunglückten gegen 700 Meilen. Es wurden 2730 Seemeilen neues Kabel gefertigt, welches bereits am 15. Juni 1866 vollendet war. Nachdem Alles zur Stelle gebracht war, begann der Great-Eastern am 13. Juli mit so grosser Langsamkeit die neue Legung, dass das Schiff nur 5 Meilen in der Stunde zurücklegte, und dies gewährte den Technikern bedeutende Sicherheit. Einen geringen Fall in der Nacht des 17. Juli ausgenommen, wo das Kabel zwei Schleifen erhielt, deren Entwirrung etwa 3 Stunden in Anspruch nahm, ging die ganze Expedition glücklich von Statten, und unter ungeheurem Jubel wurde der Great-Eastern in dem Hafen Hearts Contentbay auf Newfoundland empfangen. So war am 27. Juli das grosse Werk vollendet, und am 31. Juli 1866 war auch die telegraphische Verbindung Newfoundlands mit dem Festlande hergestellt, und ist seit der Zeit nicht wieder zerstört worden.

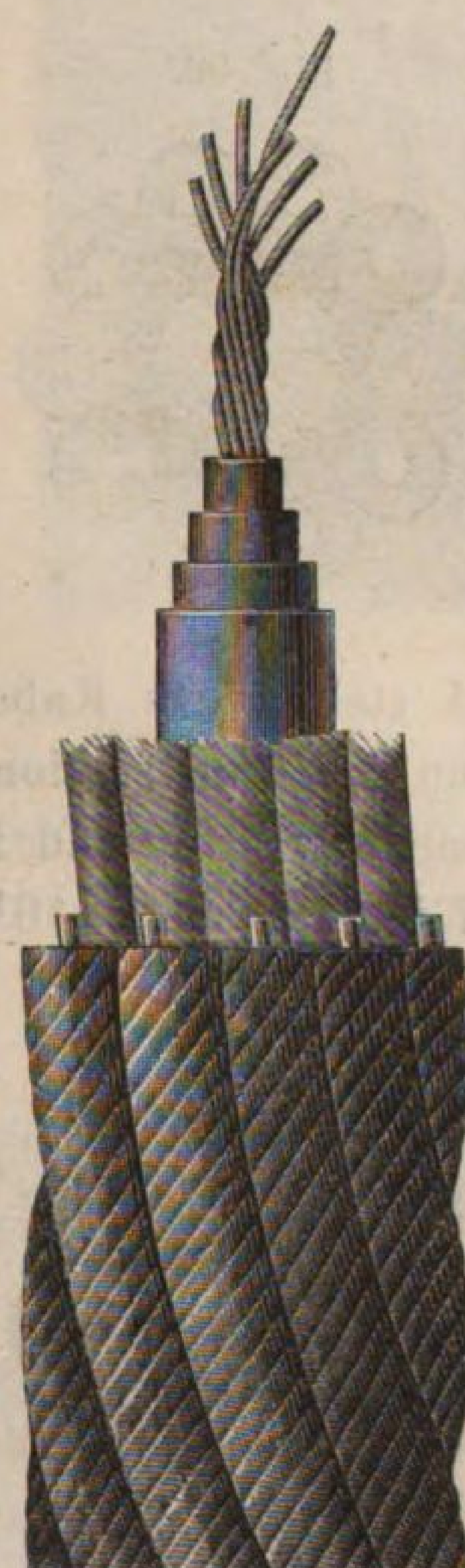
5. Aufsuchung und Vervollständigung des Kabels von 1865. Viele Mühe hatte man darauf mit dem Aufsuchen, noch mehr aber mit dem Heraufholen des im vorigen Jahre verunglückten Kabels, dessen Brauchbarkeit man doch noch erproben wollte.

Am 9. August fuhr der Great-Eastern nach der Gegend des versunkenen Kabelendes, wohin ihm schon zwei kleinere Schiffe zum Suchen des Kabels eine Woche früher vorausgegangen waren. Diese hatten bereits das Kabel gefunden, waren aber noch nicht im Stande gewesen, dasselbe herauf zu holen. Am 16. August brachte man es zum ersten Male herauf, aber bei dem Versuch es festzuklemmen entglitt es dem Enterhaken, und nach 5 Minuten war es wieder verschwunden.

Erst am 31. August nach vielen vergeblichen Bemühungen gelang es, das Kabelende, nachdem Stücke abgerissen waren, auf das Deck zu bringen. Die Versuche zeigten leitende Verbindung mit Valencia, und es wurde dahin die Auffindung berichtet und Gratulation zurückerhalten. Man spliesste nun das neue Kabel mit dem alten, und am 2. Sept. trat der Great-Eastern seinen Rückweg nach Newfoundland an. Die übrige Fahrt ging ausser einem Fall am 9. Sept., wo man einen auf dem Schiff befindlichen Fehler entdeckte und ausbesserte, bevor das Stück in's

Meer lief, glücklich von Statten, und an demselben Tage Vormittags 11 Uhr langte das Schiff wohlbehalten an seinem Ziele an. Auch die zweite Aufgabe der Expedition war nun glücklich gelöst, und die elektrischen Untersuchungen zeigten sogar, dass die Leitungsfähigkeit des alten Kabels besser war, als die des neuen.

Fig. 98.

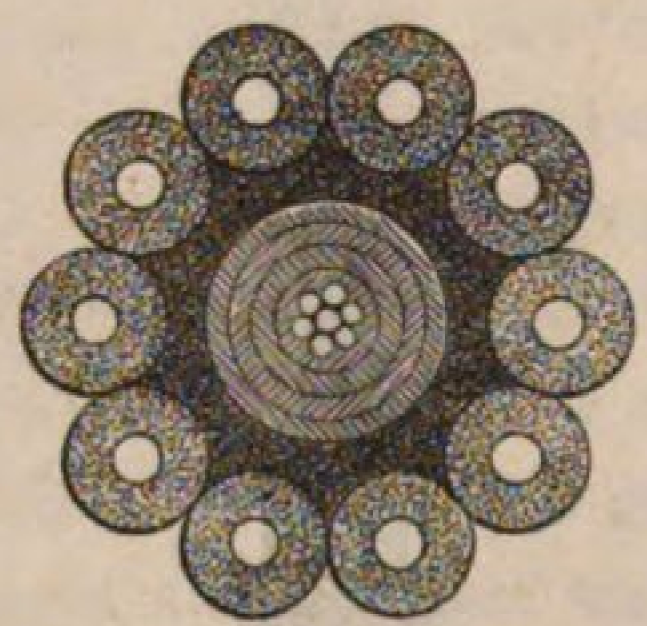


6. Gestalt der gegenwärtigen englisch-amerikanischen Kabel. Gewiss ist es nicht ohne Interesse, Genaueres über die jetzt in Gebrauch befindlichen atlantischen Kabel zu hören, deren Legung soeben beschrieben ist. Es mag im Voraus bemerkt werden, dass die gezeichneten Dimensionen natürliche Grösse haben. Die Fig. 98 giebt die Zeichnung des Kabels von 1865, welches, wie wir eben gehört haben, wieder emporgeholt worden und jetzt in Thätigkeit ist. Die Fig. 99 stellt den Querschnitt desselben dar. Der Strang von 7 Kupferdrähten, welcher die eigentliche Leitung bildet, ist stärker als der des

16*

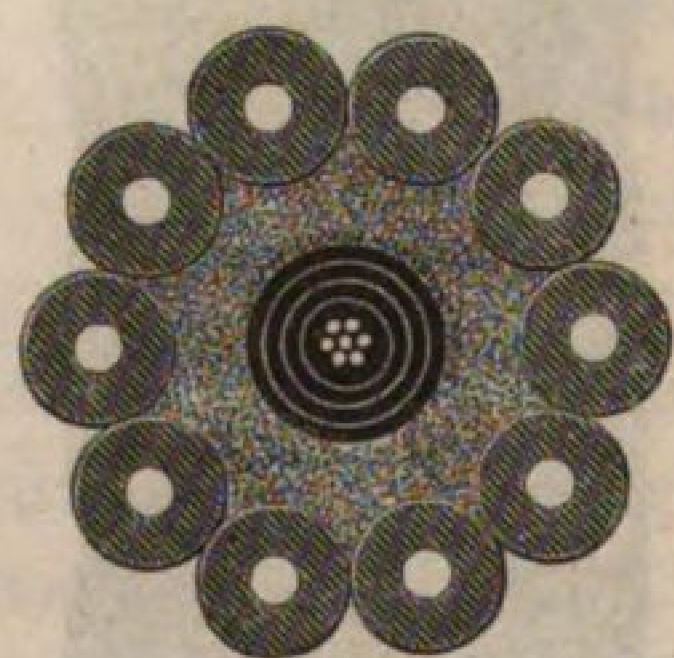
Kabels von 1857 das vorn Fig. 89 und 90 gezeichnet ist. Dieser Kupferstrang hat etwa 4^{mm} Durchmesser und wiegt 300 Pfd. auf eine Seemeile, während der von 1858 nur 107 Pfd. auf derselben Länge wiegt. Nachdem darauf dieser Strang mit Hanf und Guttapercha sorgfältig umgeben war, wurden die ebenfalls in Hanf gefüllten Eisendrähte darum gelegt, und während dieser Arbeit wie nachher die Kupferdrähte immer auf ihre gute Leitung und Isolation geprüft.

Fig. 99.



Die Fig. 100 und 101 stellen das Kabel von 1866 und dessen Querschnitt dar. Sie lassen die Construction deutlich erkennen. Es wiegt in der Luft die Seemeile 31 Ctr. und im Wasser $13^3/_4$ Ctr., so dass also vom Wasser auf jede Seemeile $16^1/_4$ Ctr. getragen werden.

Fig. 100.



Seine Bruchfestigkeit ist 162 Ctr., d. h. das 11fache seines Gewichtes im Wasser, so dass es selbst 11 Seemeilen tief vom Schiffe ins Wasser hinein herabhängen konnte ohne zu zerreissen.

Tritt ein Fehler am Kabel ein, so kann derselbe entweder so beschaffen sein, dass sofort jede Leitung aufhört, wenn nämlich die inneren Kupferdrähte zerrissen sind, oder es kann Nebenleitung stattfinden, welche um so grösser wird, je mehr Theile des Kupferdrahtes mit dem Wasser in Berührung stehen. Diese Fehler werden meist nur dadurch hervorgerufen, dass das Kabel beim Legen Beschädigungen erleidet. Sobald es erst die Tiefen des Oceans erreicht hat, bleibt es wie es war.

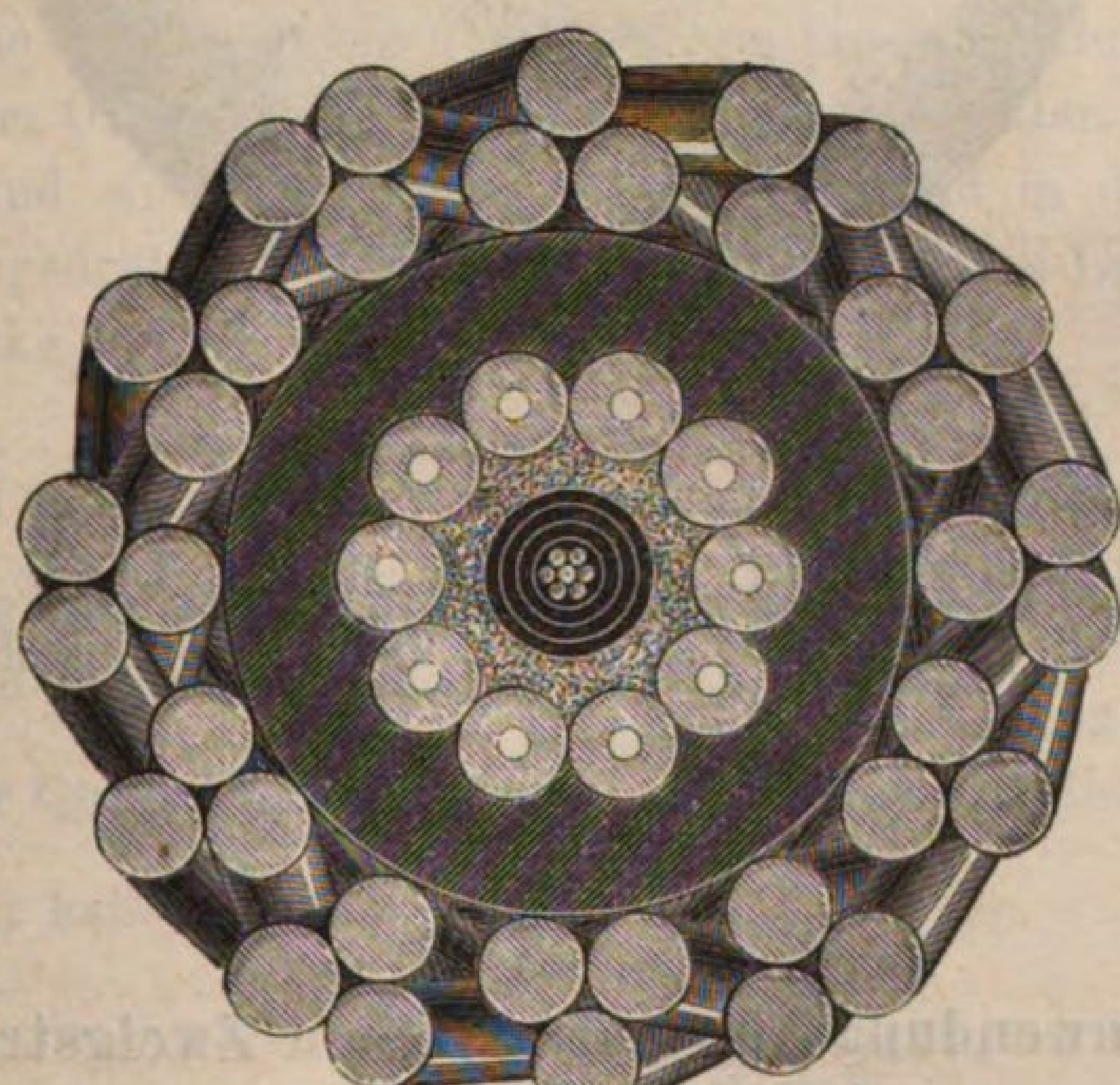
Anders verhält es sich bei den Theilen, welche in der Nähe der Küste liegen, und deshalb werden diese Theile auch mit ganz anderen

Fig. 101.



Hüllen, wie die Tiefseekabel versehen. Das Küstenkabel vom Jahre 1865 zeigt in natürlicher Grösse den Querschnitt der Fig. 102, aus dem

Fig. 102.

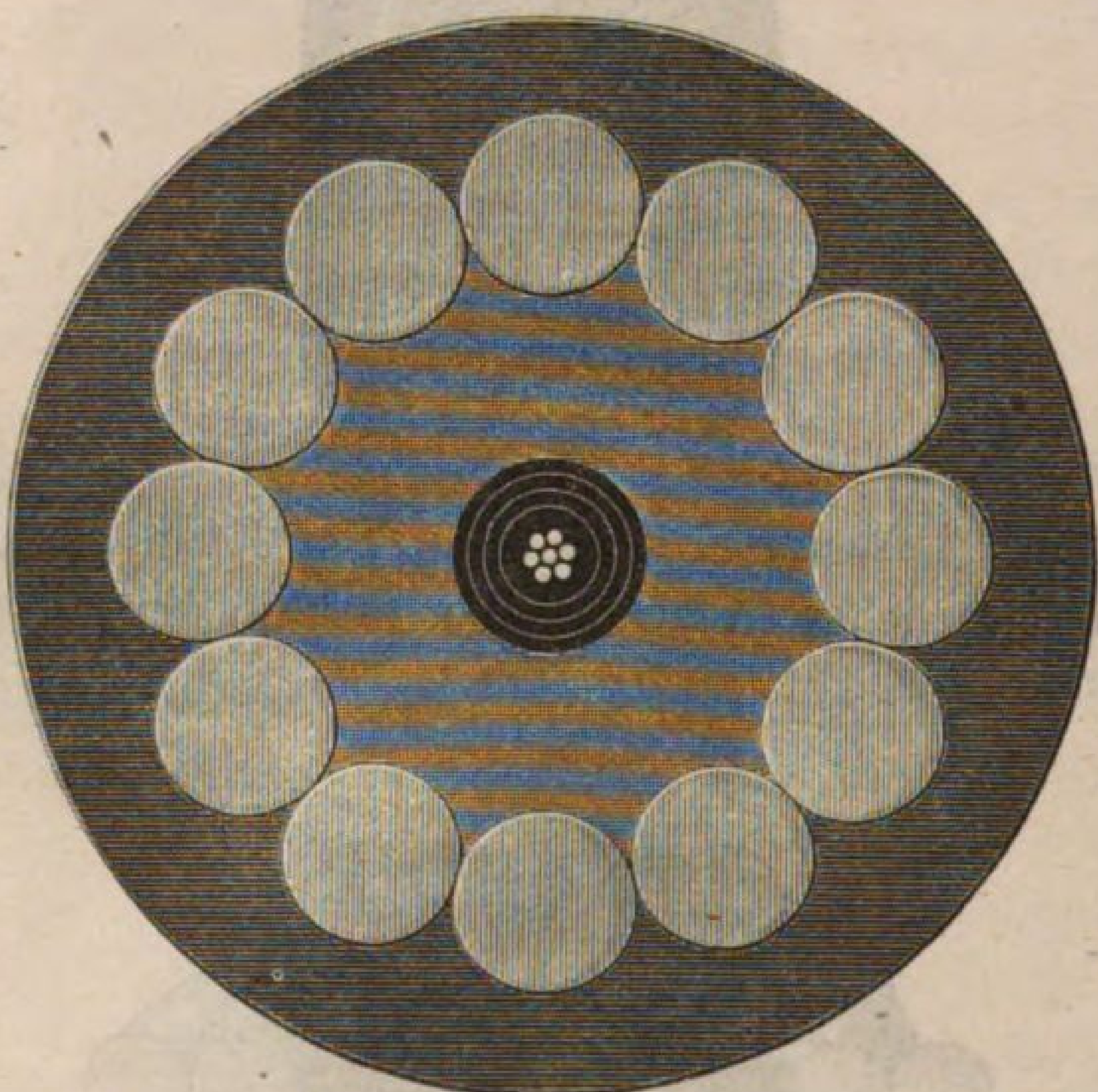


man ersieht, dass der innere Theil genau dieselbe Construction, wie das Tiefseekabel hat. Darauf ist dasselbe noch einmal mit weichen

Substanzen und dann mit einem Panzer umgeben, der aus 12 Litzen von je $3^1/_4$ Zoll dicken Eisendrähten besteht. Die Länge des Küstenkabels ist natürlich je nach der Senkung der Küste verschieden, es ist z. B. an der irischen Küste erheblich viel länger, als an der von Newfoundland. Das vom Jahre 1865 hat an der europäischen Seite 27 Seemeilen Länge, während die Länge an der amerikanischen Seite nur drei solcher Meilen beträgt.

Die Construction des Küstenkabels vom Jahre 1866 weicht von der eben beschriebenen sehr ab, es wird in der Fig. 103 dargestellt.

Fig. 103.



Vom Ufer ab wird dasselbe immer mehr verjüngt, bis es zu der Stärke des Tiefseekabels herabsinkt. Bis dahin ist seine Länge 30 Seemeilen auf unserer Seite, dagegen hat es an der amerikanischen Seite nur 5 Seemeilen Länge.

§ 6.

Die Anwendung von galvanischen Zweigströmen in der Telegraphie.

1. **Die Zweigströme.** Wenn man früher von einer Telegraphenstation aus nach verschiedenen Stationen zu telegraphiren hatte, so be-

diente man sich für jede der vorhandenen Linien einer besonderen galvanischen Batterie, allein selbst ohne Kenntniss der für diesen Fall durch Kirchhoff gegebenen allgemeinen Entwicklung kann man sich klar machen, dass eine solche Einrichtung unnütz ist.

Wenn man zum ersten Male den Satz aufstellen hört, dass zu sehr verschiedenen Linien nur eine einzige Batterie nöthig sei, so giebt man dies zu mit dem Nebengedanken, dass dies wohl möglich wäre bei genügender Grösse der Batterie; aber man beanstandet es zuzugeben, wenn man auf die Behauptung stösst, dass eine und dieselbe Batterie für jede beliebige Anzahl von Linien ausreiche. Und doch ist diese Behauptung, wie wir sogleich sehen werden, durchaus richtig.

Wir wissen, dass die Leitungsfähigkeit eines Körpers seinem Querschnitte proportional, und also der Leitungswiderstand desselben dem Querschnitte umgekehrt proportional ist. Denken wir uns also z. B. um den Eisenkern eines Elektromagneten zwei Drähte einander parallel gewunden, so dass wir den Strom sowohl durch jeden Draht für sich, wie durch beide Drähte zugleich leiten könnten, so würde der letzte Fall ohne Zweifel doch in Bezug auf die angewandte Säule dem gleich sein, wie wenn wir den Strom durch einen doppelt so dicken Leiter, d. h. einen Leiter von doppeltem Querschnitt sendeten. Da aber ein doppelt so starker Leiter nur die Hälfte des Widerstandes bietet, so muss in diesem Falle der Stromverzweigung der Strom sogar stärker sein, wie wenn wir ihn durch den einfachen Draht leiteten.

Nach dem Ohm'schen Gesetz wird dies sofort klar. Nennen wir den Widerstand eines Drahtes w, den Widerstand in der Säule und allen Zuleitungsdrähten W, so ist in dem Falle eines Leitungsdrahtes die Stromstärke

$$S = \frac{E}{W + w}.$$

Sind dagegen unter übrigens denselben Bedingungen zwei Leitungsdrähte in Anwendung, so ist der Widerstand dieser beiden gleich $\frac{w}{2}$, da ja der Querschnitt des Leiters, d. h. beider Drähte, doppelt so gross ist. Wir haben dann

$$S = \frac{E}{W + \frac{w}{2}} = \frac{2E}{2W + w}.$$

In diesen beiden Ausdrücken ist $\frac{2E}{2W + w}$ grösser als $\frac{E}{W + w}$,

weil, während der Zähler doppelt so gross ist, der Nenner $2\,W+w$ nicht das doppelte von $W+w$ beträgt.

Denken wir uns nun die Drähte nicht um einen Eisenkern gewickelt, sondern beide von einer Station nach einer und derselben anderen geleitet, so würde auch für diesen Fall, wenn der Strom gleichzeitig durch beide Drähte geleitet und auf der anderen Station wieder vereinigt würde, dieselbe Formel gelten. Der Strom würde durch beide Drähte stärker auf der Station ankommen, wie wenn er nur durch einen Draht gegangen wäre. Da die Drähte für diesen Fall gleich lang angenommen sind, so müsste in jedem der beiden Drähte die Hälfte der auf der Station beobachteten Stromstärke wirksam sein. Die Stromstärke wäre also in jedem einzelnen der beiden Drähte

$$S=\frac{E}{2\,W+w}.$$

2. Strom nach Stationen von derselben Entfernung. Bedenken wir nun, dass es nach dem was über die Erde als Reservoir der Elektricität gesagt, gleichgültig ist, ob wir die beiden Leitungen nach derselben Station oder nach zwei verschiedenen von derselben Entfernung geleitet haben, so sehen wir, dass auch in diesem Falle der Strom dieselbe Stärke haben wird, wie der oben gegebene Ausdruck sie angiebt.

Hiernach sind nun aber die beiden Zweigströme doch nicht einzeln dem einfachen gleich. Beide unterscheiden sich von einander dadurch, dass in dem einen der Widerstand aller Theile auf der Station nur einfach (W) im Nenner auftritt, während er bei den Zweigströmen doppelt ($2\,W$) auftritt. Dieser Umstand würde erheblich sein, wenn der Widerstand auf der Station einen bedeutenden Theil des Widerstandes der Leitung ausmachte. Nun ergiebt aber die Messung, dass der ganze Widerstand auf der Station, d. h. der Widerstand in der Säule und der aller Apparate und Zuleitungsdrähte nur einen geringen Bruchtheil des Widerstandes (w) der Leitung von einer Station zur andern ausmacht, der um so geringer wird, je entfernter die Stationen liegen.

Nehmen wir nun in der That dieses W so klein an, dass es gegen w gleich Null zu setzen ist, so stellt sich unser obiger Ausdruck als noch viel einfacher heraus. Wir bekommen dann für die soeben gefundene Stromstärke

$$\frac{E}{2\,W+w}=\frac{E}{W+w},$$

weil $W=0$ ist. Beide Seiten ergeben $\frac{E}{w}$; d. h.

Wenn man von einem Orte nach mehreren gleich weit entfernten Stationen Ströme abzweigt, so sind diese von derselben Stärke, wie wenn nur eine dieser Stationen mit dem Orte leitend verbunden wäre.

Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass wir berechtigt sind den Satz so allgemein hinzustellen, da das, was für zwei Stationen gilt mit demselben Rechte auf jede andere Anzahl anwendbar ist, dass 8 W ebenso gut wie 2 W etc. gleich Null werden muss, wenn $W = O$ ist.

3. Zweigströme nach Stationen von verschiedener Entfernung. a. Etwas verwickelter als der bisher angeführte Fall ist derjenige, in welchem von der Station Zweigströme abgeführt werden, die nach Stationen von verschiedener Entfernung führen. In diesem Falle sind also die Widerstände in den beiden Zweigstromleitern verschieden. Wir wissen aber aus den Kirchhof'schen Gesetzen I. Abschn. §4 Nr. 11 pag. 82, dass der Widerstand des ganzen Schliessungskreises W

$$W = \frac{k}{J} = w + \frac{w_, w_{,,}}{w_, + w_{,,}}$$

ist, wenn w der Widerstand des unverzweigten Leiters und $w_,$ und $w_{,,}$ die Widerstände der Zweigleitungen bedeuten. Hiernach ist also der Widerstand der Zweigleitungen zusammen:

$$\frac{w_, w_{,,}}{w_, + w_{,,}}.$$

Zu diesem Resultate gelangen wir auch auf anderem Wege, als dass wir aus dem oberen Resultat den Summanden w weglassen, welcher den Widerstand aller Theile ausserhalb der Zweige bedeutet. Wenn nämlich $w_,$ und $w_{,,}$ die Widerstände der einzelnen Zweigleitungen sind, so sind die Leitungsvermögen beider Drähte $\frac{1}{w_,}$ und $\frac{1}{w_{,,}}$, die Summe der Leitungsvermögen beider Zweige ist also $\frac{w_, + w_{,,}}{w_, w_{,,}}$, mithin ist ihr Widerstand

$$\frac{1}{\frac{w_, + w_{,,}}{w_, w_{,,}}} = \frac{w_, w_{,,}}{w_, + w_{,,}}.$$

Für eine dritte Abzweigung, die wir $w_{,,,}$ nennen wollen, ergiebt sich somit als Summa der Leitungsvermögen aller drei Zweige

$$\frac{1}{w_,} + \frac{1}{w_{,,}} + \frac{1}{w_{,,,}} = \frac{w_, w_{,,} + w_, w_{,,,} + w_{,,} w_{,,,}}{w_, w_{,,} w_{,,,}}$$

Mithin erhält man als Widerstand aller drei Zweigleitungen

$$\frac{w_, w_{,,} w_{,,,}}{w_, w_{,,} + w_, w_{,,,} + w_{,,} w_{,,,}}.$$

In gleicher Weise erhalten wir den Gesammtwiderstand für jede beliebige Anzahl von Leitungen nach verschiedenen Stationen hin.

Es kann nun die Frage sein, wie gross die Stromstärke in diesen Theilen sei. Für zwei Zweige ist die Gesammtverbindung aus der Formel, wie sie bei der Darstellung des Kirchhof'schen Gesetzes gegeben ist

$$W = \frac{k}{J} = w + \frac{w_, w_{,,}}{w_, + w_{,,}}$$

leicht zu entnehmen, nämlich

$$J = \frac{k}{W} = \frac{k}{w + \frac{w_, w_{,,}}{w_, + w_{,,}}}$$

$$J = \frac{k(w_, + w_{,,})}{w\,w_, + w\,w_{,,} + w_, w_{,,}}$$

wenn nämlich k die elektromotorische Kraft bedeutet. Dies heisst: In dem ungetheilten Leiter ist die Stromstärke, wenn der Strom zugleich durch beide Leitungsdrähte geht, wie der obige Ausdruck angiebt. In den beiden Drähten einzeln muss er gleichzeitig sein:

$$s_, = \frac{k\,w_{,,}}{w\,w_, + w\,w_{,,} + w_, w_{,,}},$$

$$s_{,,} = \frac{k\,w_,}{w\,w_, + w\,w_{,,} + w_, w_{,,}}$$

wenn $s_,$ sich auf den Zweig mit dem Widerstande $w_,$ und $s_{,,}$ auf den mit $w_{,,}$ bezieht.

Für drei Zweige würden sich aus den angegebenen Gründen als Stromstärken in den drei in Thätigkeit befindlichen Linien einzeln ergeben:

$$s_, = \frac{k\,w_{,,} w_{,,,}}{w(w_, w_{,,} + w_, w_{,,,} + w_{,,} w_{,,,}) + w_, w_{,,} w_{,,,}},$$

$$s_{,,} = \frac{k\,w_, w_{,,,}}{w(w_, w_{,,} + w_, w_{,,,} + w_{,,} w_{,,,}) + w_, w_{,,} w_{,,,}},$$

$$s_{,,,} = \frac{k\,w_, w_{,,}}{w(w_, w_{,,} + w_, w_{,,,} + w_{,,} w_{,,,}) + w_, w_{,,} w_{,,,}}.$$

b. Wir haben bei der bisherigen Betrachtung vorausgesetzt, dass stets alle Linien in Thätigkeit waren. Man wird aber einsehen, dass ebenso oft, wenn nicht öfter, der andere Fall vorkommt, dass nämlich nur eine oder mehrere Linien, aber nicht alle in Gebrauch sich befinden, dass also der Strom nur durch einen Zweig geht. Es ist also auch für diesen Fall die Stromstärke festzustellen, die natürlich anders ausfallen muss.

Sind zwei Zweige vorhanden, und der eine schweigt momentan, so geht also der Strom entweder durch den, dessen Widerstand $w_{,}$ oder durch den, dessen Widerstand $w_{,,}$ ist. In dem ersten Falle ist der Gesammtwiderstand der Leitung:

$$W = w + w_{,}$$

in dem zweiten:

$$W = w + w_{,,}$$

Hieraus folgt, dass, wenn wir die Stromstärken der beiden Fälle mit s^1 und s^2 bezeichnen, diese sind:

$$s^1 = \frac{k}{w + w_{,}},$$

$$s^2 = \frac{k}{w + w_{,,}}.$$

Nehmen wir drei Linien an, so würde für die dritte nur eine Stromstärke s^3 von der Form sich ergeben:

$$s^3 = \frac{k}{w + w_{,,,}}.$$

Wir sehen also, dass hier die Formeln sehr einfach ausfallen. Es zeigt sich, dass der Unterschied der entstehenden Ströme in dem bezeichneten w des Nenners liegt, da das unbezeichnete w als Widerstand auf der Station ja für alle Fälle gleich ist.

Setzen wir den Fall, dieses constante w wäre sehr klein, wie dies in um so höheren Maasse stattfindet, je länger die Zweigleitung ist, so reduciren sich die Unterschiede der Stromstärken auf die Werthe von $\frac{1}{w_{,}}, \frac{1}{w_{,,}}, \frac{1}{w_{,,,}}$ etc.

Nehmen wir also z. B. an $w_{,}$ wäre $= 10$ Meilen, $w_{,,} = 25$ und $w_{,,,} = 50$ Meilen, so würden die Ströme in diesen Strecken sich zu einander wie $50:25:10$ verhalten, d. h. der Strom wäre in dem einen Falle 5 mal so stark als in einem anderen. Nun wird aber die spätere Betrachtung der Apparate lehren, dass dieselben eine so grosse Differenz

der Stromstärken in den meisten Fällen nicht ertragen können, und es ist deshalb nöthig, diesem Uebelstande abzuhelfen. Nach dem was wir bisher von der Stromvertheilung kennen gelernt haben, giebt es zwei Mittel dies zu bewirken.

3. Stromvertheilung mittelst der Säule. Diese beiden Mittel bestehen darin, dass man entweder nicht durch alle Drähte den Strom der ganzen Säule leitet, oder dass man die stärkeren Ströme mittelst eingeschalteter äusserer Widerstände so herabdrückt, dass die Stromstärken in allen gleich werden.

Bleiben wir zunächst bei dem gegebenen Beispiel und nennen wir E die elektromotorische Kraft eines Elementes der Batterie, w den Widerstand eines jeden und n die Anzahl der Elemente, so ergiebt sich für die drei Stromzweige als Stromstärke:

$$s_{,} = \frac{nE}{nw + 10}$$

$$s_{,,} = \frac{nE}{nw + 25}$$

$$s_{,,,} = \frac{nE}{nw + 50}$$

Wollten wir unter der Voraussetzung, dass $w = 0$ ist, diese drei Werthe gleich machen, so müssten wir in den einzelnen Fällen n immer so wählen, dass es in dem Verhältniss von 10 : 25 : 50 stünde. Wären also z. B. 10 Elemente vorhanden, so würden wir die drei Stromstärken $s_{,}$, $s_{,,}$, $s_{,,,}$ gleich erhalten, wenn wir bei $s_{,}$ $n = 2$, bei $s_{,,}$ $n = 5$ und bei $s_{,,,}$ $n = 10$ setzten. Wir hätten dann

$$s_{,} = s_{,,} = s_{,,,} = \frac{E}{5}.$$

Dies Resultat erreichen wir aber, wenn wir für die Leitung mit dem Widerstande $w_{,} = 10$ zwei Elemente wählen, d. h. diese Leitung von dem zweiten Elemente der Säule abgehen liessen. Die zweite Leitung müsste von dem fünften Elemente abgezweigt werden, und die mit dem Widerstande $w_{,,,}$ vom Ende der Säule. Wir sehen hieraus, dass wir gleiche Stromstärken in den Leitungen erhalten, wenn sich die Zahl der Elemente wie die Länge der Leitungen verhält, wenn also $\frac{w_{,}}{n_{,}} = \frac{w_{,,}}{n_{,,}} = \frac{w_{,,,}}{n_{,,,}}$. Auch unter der Vorausetzung, dass w nicht $= 0$ wäre, würde in dem vorliegenden Falle in allen Windungen gleiche Stromstärke bewirkt

werden, wovon wir uns leicht überzeugen können. Ist z. B. der Widerstand eines Elementes = 1,6, so hätten wir

$$s_{,} = \frac{2E}{2 . 1{,}6 + 10} = \frac{E}{6{,}6}$$

$$s_{,,} = \frac{5E}{5 . 1{,}6 + 25} = \frac{E}{6{,}6}$$

$$s_{,,,} = \frac{10E}{10 . 1 6 + 50} = \frac{E}{6{,}6}.$$

Nur der Widerstand der Apparate auf der Station ist hierbei vernachlässigt, was eben kein grosser Fehler ist.

Wollten wir auch diesen Widerstand der Apparate berücksichtigen, so würde derselbe als ein noch hinzutretender Summand im Nenner fungiren, so dass also dann die Formel s^1 in Nr. 2, b heissen würde:

$$s^1 = \frac{k}{w + r + w_{,}} = \frac{nE}{nw + r + w_{,}}.$$

Man hätte nach Bestimmung des Widerstandes von r dann das $s_{,}$ festzustellen und nach dem Verhältniss der nun entstehenden Stromstärke die Vertheilung der Elemente darnach zu regeln, so dass wiederum die einzelnen Stromstärken entweder gleich, oder doch möglichst gleich würden. Es ist nämlich leicht einzusehen, dass bei einer Anzahl von Elementen, welche sich nicht so theilen lassen, dass sich ganze Zahlen ergeben, eine absolute Gleichheit sich nicht erzielen lässt. Blicken wir noch einmal auf das soeben besprochene Beispiel und nehmen wir an, die Zahl der Elemente wäre nicht 10, sondern etwa 24, so sieht man ein, dass diese Zahl sich nicht in dem Verhältniss von 2:5:10 verwenden lässt, so dass ganze Zahlen entstehen. Nehmen wir alsdann statt der zwei Elemente im vorigen Falle jetzt 5, so würde der mittlere Draht $12^1/_2$ Element verlangen, was nicht möglich ist.

4. Stromregulirung durch Einschaltung künstlicher Widerstände. Das andere Mittel wodurch die Ströme in verschieden langen Linien auf gleiche Intensität gebracht werden können, ist die Einschaltung von Widerstandsrollen, so dass in diesem Falle nicht wie $s_{,}$ der vorigen Nummer der Zähler des Bruches, sondern nur der Nenner geändert wird. Wir machen also in diesem Falle die Ströme nicht da-

durch in den Linien gleich, dass wir die Elementenzahl ändern, sondern dass wir die Widerstände aller Leitungen gleich machen.

Um durch Rechnung zu finden, wie gross die einzuschaltenden Widerstände für jede Leitung seien, verfährt man folgendermassen: Der Widerstand der einzelnen Leitungen sei gemessen, so ist bei drei Linien nach dem Vorangehenden die Summe aller Widerstände der Zweige:

$$L = \frac{w_, w_{,,} w_{,,,}}{w_, w_{,,} + w_, w_{,,,} + w_{,,} w_{,,,}}.$$

Daraus folgt dann als Gesammtwiderstand W des ganzen Stromkreises, wie wir gesehen haben:

$$W = n w + r + L$$

d. h. der Gesammtwiderstand des ganzen Stromkreises ist gleich dem Producte aus dem Widerstande eines Elementes mal die Anzahl der Elemente plus den Widerstand der Apparate und den Widerstand sämmtlicher Linienleitungen.

Daraus ergiebt sich dann als Stromstärke S

$$S = \frac{nS}{W} = \frac{nE}{nw + r + L}.$$

Nun haben wir ferner auch die Stromstärke der einzelnen Linien bereits früher kennen gelernt. Wir haben gefunden, dass dieselben ungleich sind. Es ist mithin in dem Vorliegenden unsere Aufgabe dieselben gleich zu machen, d. h. es müssen $w_,$ $w_{,,}$ und $w_{,,,}$ einander gleich werden. Dies geschieht dadurch, dass wir, wenn $w_,$ der Widerstand der längsten Linie ausser dem Widerstande der Apparate ist, die beiden $w_{,,}$ und $w_{,,,}$ diesem $w_,$ gleich machen. Wir müssen daher erhalten:

$$w_, = w_{,,} + x_{,,}$$

und

$$w_, = w_{,,,} + x_{,,,}$$

wenn $x_{,,}$ und $x_{,,,}$ die neu hinzuzufügenden Widerstände bedeuten. Dies ist aber erreicht, wenn man setzt:

$$x_{,,} = w_, - w_{,,}$$

und

$$x_{,,,} = w_, - w_{,,,}.$$

Durch die Betrachtung dieser Gesichtspunkte, welche bei der Herstellung geeigneter Stromabzweigungen zu beobachten sind, wird es möglich, für alle Fälle die nöthigen Zweige entweder von den geeigneten Stellen der Batterie ausgehen zu lassen, oder die Grösse der Widerstände zu berechnen, welche einer Zweigleitung eine den anderen Leitungen gleiche Intensität verschafft. Immer kommt dabei der Umstand zu statten, dass, wenn zu einer zahlreichen Abzweigung ein neuer Zweig hinzugefügt wird, der einem anderen gleich ist, nichts geändert wird, wenn der Widerstand ausserhalb der Leitung nur klein ist.

IV. Abschnitt.

Die

Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität

und die

Störungen des Telegraphendienstes

durch atmosphärische Elektricität.

A.

Die Geschwindigkeit des elektrischen Stromes.

§ 1.

Wichtigkeit der Messungen.

Es ist nicht vorher zu bestimmen, welche Vortheile durch den Elektromagnetismus der Welt in Zukunft noch geboten werden mögen; so viel man aber jetzt zu übersehen vermag, ist in keinem Zweige der Wissenschaft oder Technik diese Kraft so vortheilhaft anzuwenden, als gerade für die Telegraphie.

Während in anderen Fällen neben dem Vortheile, den die Anwendung des Elektromagnetismus bietet, sich auch immer so grosse Mängel herausstellen, dass man erst erwägen muss, ob jene nicht von diesen überboten werden, sind die bei der Telegraphie durch diese Kraft erlangten Erfolge so ausser allem Zweifel glänzend, und übertreffen die durch alle sonst angewandten Mittel erzielten Resultate in so hohem Grade, dass man in Betracht der Eigenschaften dieser Kraft die Möglichkeit bezweifeln muss, ob überhaupt irgend ein anderer Zweig der Anwendung zu so überraschenden Resultaten führen könne.

Diese Resultate sind bedingt durch die beiden Eigenschaften des galvanischen Stromes, auf grosse Strecken hin ohne zu erheblichen Kraftverlust und mit einer Geschwindigkeit zu wirken, die alle sonst anwendbaren Mittel weit übertrifft. Bis jetzt sind es auch in allen anderen Fächern, in denen man den Elektromagnetismus mit zweifellosem Erfolge zur Anwendung gebracht hat, diese beiden Eigenschaften, auf welche sich die anerkannten Vortheile gründen, und es ist daher ein nothwendiges Erforderniss, sowohl die Gesetze, denen die genannten Eigenschaften folgen, als auch die Hindernisse möglichst gründlich kennen zu lernen, welche unter Umständen der Entwicklung derselben entgegenstehen.

Das von Ohm aufgestellte Gesetz über die Verbreitung des Stromes in einem Leiter ist bereits in dem ersten Abschnitt zur Sprache gekommen, ebenso haben wir im dritten Abschnitte bei der Besprechung der Leitung des galvanischen Stromes mehrerer Störungen erwähnt, welche eine vollkommen ungeschwächte Fortpflanzung des Stromes hindern; es bleibt uns hier noch übrig, die Gesetze der Geschwindigkeit der Elektricitätsverbreitung, sowie die Störungen zu besprechen, welche durch die atmosphärische Elektricität bedingt werden.

Was den ersten dieser Punkte betrifft, so ist eine ausführliche Besprechung der in Bezug hierauf angestellten Messungen einerseits deshalb nothwendig, weil dadurch Mittel zur Vermeidung der sich zeigenden Hindernisse geboten werden, andererseits weil dabei manche elektromagnetische Apparate eine andere als die gewöhnliche Anwendung finden, wodurch denn die gründliche Kenntniss der zur Wirkung kommenden Kraft erweitert wird.

Man hat früher geglaubt, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität sei unendlich gross, und Wheatstone hat das Verdienst, zuerst nachgewiesen zu haben, dass dies nicht der Fall ist. Dieses Verdienst ist um so grösser, weil er den Nachweis zu einer Zeit geführt hat, als die Mittel zur wissenschaftlichen Begründung einer solchen Behauptung noch viel unzureichender waren als jetzt, und wird auch, wie wir sehen werden, dadurch nicht geschmälert, dass die durch seine Messungen erhaltenen Werthe von den später durch andere Untersuchungen erlangten so sehr abweichen.

Die neuesten Untersuchungen von Siemens wie die von Guillemin haben herausgestellt, dass das von Wheatstone unter den später zu besprechenden Umständen erhaltene Resultat durchaus diesen Umständen entspreche und durchaus nicht so fehlerhaft sei, als man nach Wiederaufnahme dieser Untersuchungen glaubte. Um so unbegründeter erscheint daher der Zweifel, den ich von Physikern habe aussprechen hören, ob das von Wheatstone angegebene Resultat nicht mehr errathen, als durch das Experiment erlangt sei.

§ 2.

Geschwindigkeit der Reibungselektricität.

1. Watson. Die Geschwindigkeit mit der ein Zeichen auf grosse Entfernung hin mittelst der Elektricität zur Erscheinung kommt, hängt einerseits von der Schnelligkeit, mit der die Elektricität den Weg durch-

läuft, andererseits aber von der Zeit ab, die der Apparat gebraucht, um die Veränderung, die er erfährt, durchzumachen, und in einen anderen Zustand versetzt zu werden.

Die Geschwindigkeit, mit der der Weg zurückgelegt wird, ist aber wieder einerseits von der Substanz des Leiters, den die Elektricität durchläuft, andererseits von der Umgebung desselben abhängig, wie die Folge dies klarer herausstellen wird.

Alle Messungen, welche vor Wheatstone versucht waren, hatten zu dem Resultate geführt, dass die Geschwindigkeit der Elektricität grösser sei, als nach den angewandten Methoden zu messen möglich war. Erfolge der Art gaben Messungen von Watson, als er im Jahre 1747 einen Funken durch eine Strecke von 4 engl. Meilen sandte. Die Lichterscheinung zeigte sich zu Anfang und zu Ende der Leitung scheinbar vollkommen gleichzeitig.

„Wir dürfen nicht über das Resultat erstaunen", sagt Wheatstone[1]), „da wir wissen, dass das Auge eine Reihe leuchtender Gegenstände, die in Zwischenzeiten von einem Achtel oder Zehntel einer Sekunde auf einander folgen, nicht mehr von dem gleichzeitigen Erscheinen derselben unterscheiden kann, und dass deshalb selbst mit einem Bogen von vier Meilen eine Geschwindigkeit von ein paar Meilen in der Sekunde das Aeusserste sein kann, was sich mit solchen Mitteln beobachten lässt."

2. Wheatstone's erster Apparat. Aehnliche Resultate hatte Wheatstone selbst erhalten, als er die elektrische Entladung an einem rotirenden Apparate betrachtete, der in einer Sekunde funfzig Rotationen vollführte. Die Fig. 104 stellt den dazu angewandten Apparat dar.

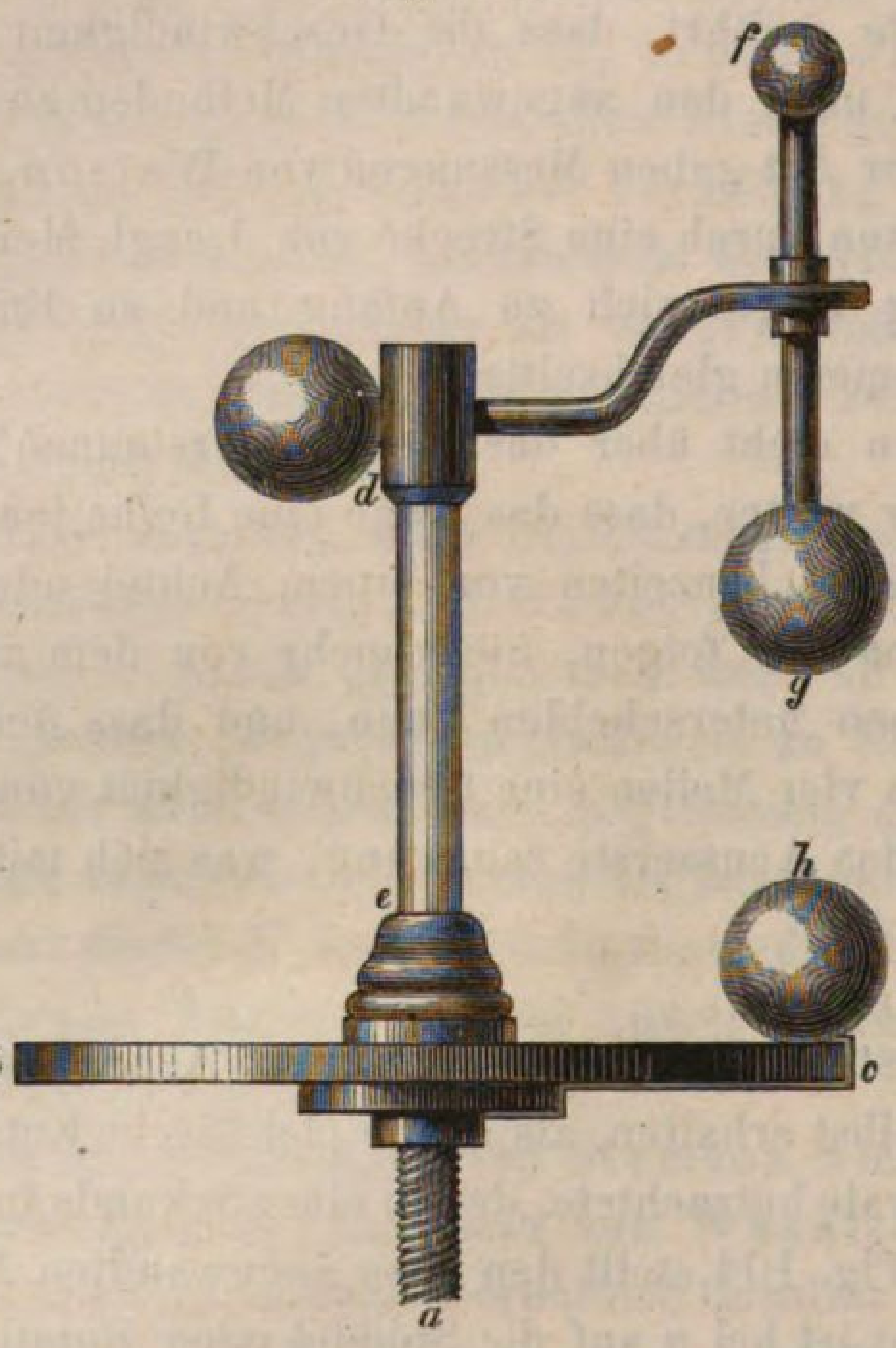
Der Apparat ist bei *a* auf die Spindel einer Rotationsmaschine geschraubt, seine Theile sind von Messing und durch einen starken Glasstab *d e* von einander getrennt. Ein Streifen dicker Zinnfolie verband die Kugel *h* mit *a*, und die obere Kugel *g* konnte der Kugel *h* beliebig genähert werden. Wenn die Kugel *f* auf Schlagweite dem Conductor einer Elektrisirmaschine genähert wurde, sprang ein Funken zwischen beiden über und ebenso zwischen den Kugeln *g* und *h*, welche auf $10{,}5^{cm}$ von einander entfernt werden konnten, um einen Funken von dieser Länge zu erzeugen.

Nun ist bekannt, dass ein leuchtender Punkt, wenn er in Bewegung ist, in Folge der Nachdauer des Lichteindrucks auf der Netzhaut als

[1]) Philos. Trans. f. 1835 pt. II. pag. 583; Pogg. Ann. 34 pag. 470.

Linie erscheint. Diese Linie muss ihre Gestalt oder ihre Lage ändern, wenn die einfache Bewegung des leuchtenden Punktes mit einer andern Bewegung verbunden wird. Denkt man also den eben beschriebenen Apparat so in Drehung versetzt, dass die Kugeln, zwischen denen der Funke überspringt, sich in einer Richtung bewegen, welche senkrecht auf der Richtung des Funkens steht, so muss, wenn die Winkelbewegung

Fig. 104.



der Kugeln ein merkbares Verhältniss zur Geschwindigkeit der Elektricität hatte, eine Ableitung zwischen dem oberen und unteren Ende der sonst lothrecht stehenden Lichtlinie stattfinden.

Als nun aber der Apparat in schnelle Rotation versetzt wurde, ging der Funke ebenso über, wie bei der Ruhe, es wurde keine Ablenkung von der Verticallinie beobachtet.

Als Wheatstone darauf einen Spiegel in Bewegung setzte und so eine kleine Rotation desselben einer viel grösseren des Apparates entsprach, erhielt er dennoch keine Wirkung, obgleich er die Axe des Spiegels an eine Maschine mit multiplicirenden Rädern schrob, und so den Spiegel 50 Umdrehungen in einer Sekunde machen liess. Das

reflektirte Bild eines leuchtenden Punktes durchlief hierbei einen halben Grad in $^1/_{72000}$ einer Sekunde. Die Fig. 105 stellt den angewandten Spiegel dar.

3. Wheatstone's andere Messmethode. Da auch dieses Mittel keinen Erfolg zeigte, verband Wheatstone seine Methode mit der früher angewandten, bei der der Funken eine lange Strecke durchlief, und der Anfangs- und Endfunken neben einander beobachtet wurden. Da nun aber auch dieser Versuch resultatlos hätte werden müssen, wenn die Theorie richtig wäre, dass die elektrische Entladung von beiden Seiten her gleichzeitig ströme, weil ja dann bei jeder noch so geringen Geschwindigkeit der Anfangs- und Endfunke gleichzeitig erscheinen

Fig. 105.



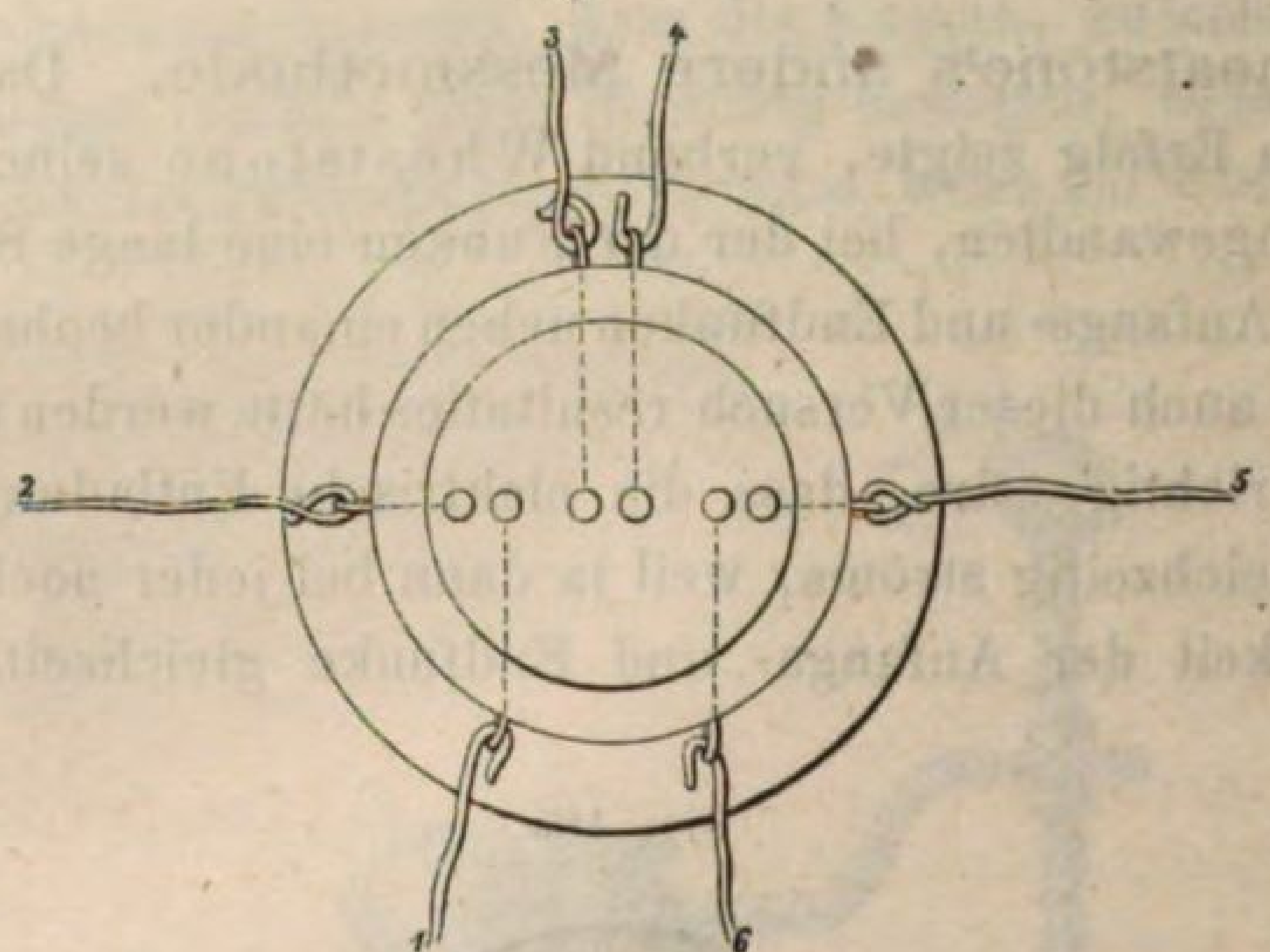
mussten, so richtete Wheatstone die Leitung so ein, dass in der Mitte derselben noch eine Unterbrechung vorhanden war. Die ganze Leitung betrug eine halbe engl. Meile, und zwar in parallelen Drähten von circa 38^m Länge und 6^{cm} Entfernung von einander gespannt. Die mittleren Drähte und die eines jeden Endes waren mit dem Fig. 106 gezeichneten Funkenbrett verbunden. Die Kugeln desselben standen in einer Horizontallinie und ihre Entfernung für die Schlagweite eines jeden Funkens betrug $2{,}6^{mm}$. Das Brett selbst war 9^{cm} im Durchmesser. Der angewandte Draht war von Kupfer, $5{,}2^{mm}$ dick.

Die Fig. 107 stellt den Messapparat dar. *ABCD* ist ein Mahagonibrett, circa 30^{cm} lang, 21^{cm} breit; *E* ist ein kreisrunder Spiegel von Stahl, der mit Zubehör in Fig. 108 noch genauer gezeichnet ist, und $2{,}6^{cm}$ Duchmesser hatte.

Die Axe, an welcher der Spiegel befestigt ist, wird durch das Rad

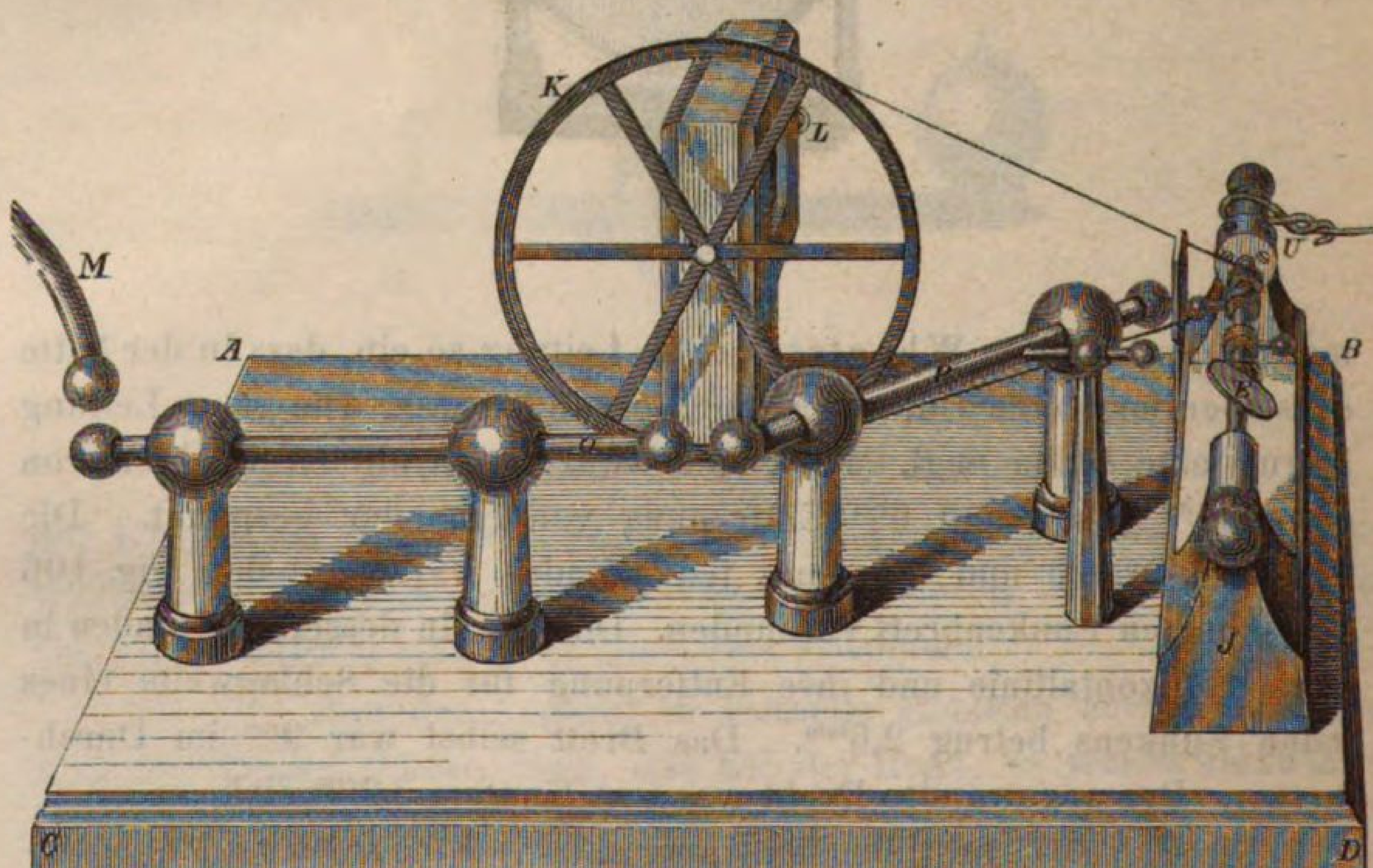
K mittelst einer Schnur in Bewegung gesetzt. Eine Schnur über dem Rade *L*, welches mit *K* auf derselben Axe steht, kann mit dem Rade

Fig. 106.



einer anderen Maschine verbunden werden, die eine sehr rasche Bewegung zu ertheilen im Stande ist. *M* ist der Arm einer kleinen Leyd-

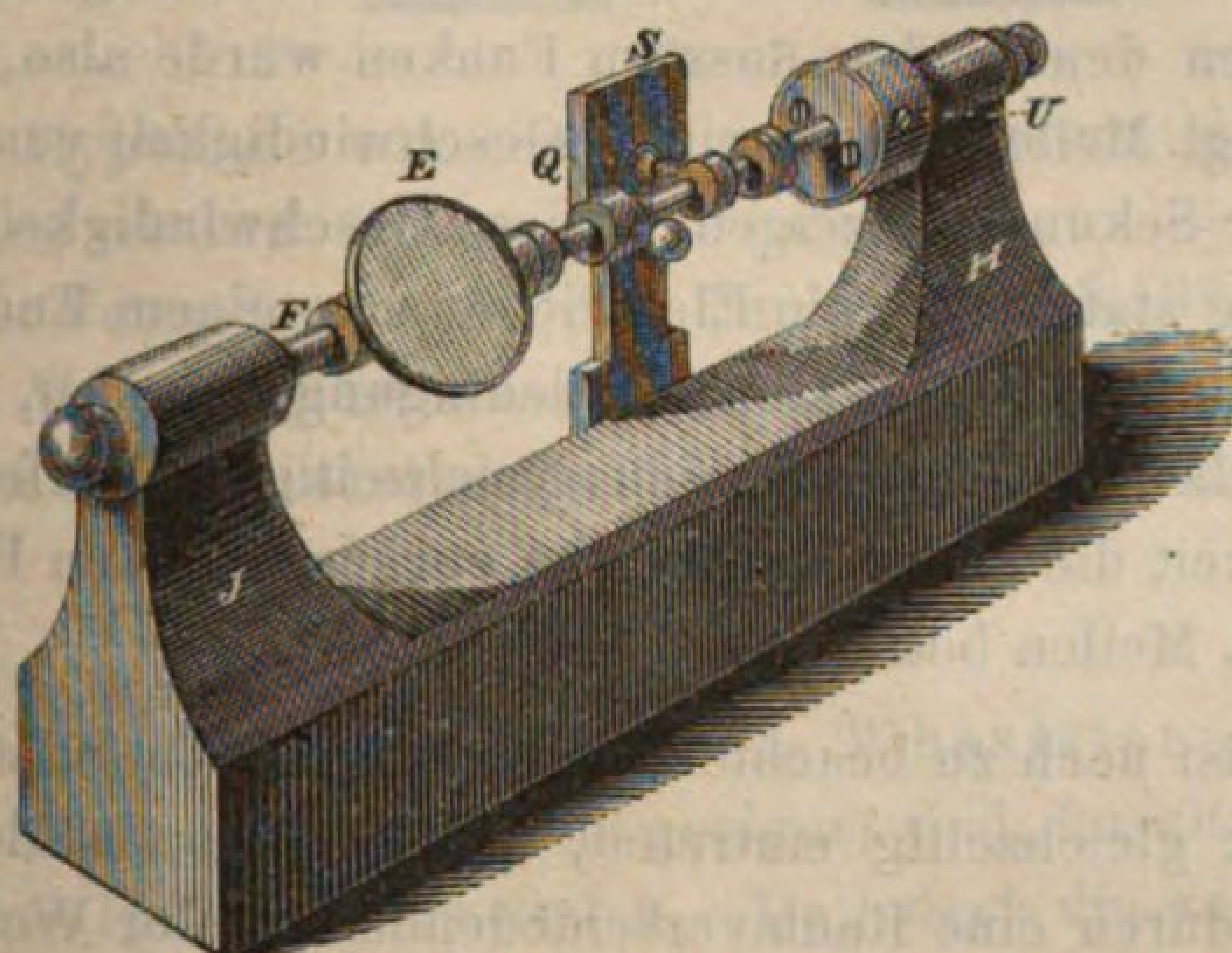
Fig. 107.



ner Flasche, deren innere Belegung beständig aus einer Elektrisirmaschine mit Elektricität versorgt wird. Der gebogene Arm, der von der inneren Belegung ausgeht, steht in unmittelbarer Berührung mit

dem festen Entlader $O\,P$, und die freiwilligen Entladungen der Flasche werden durch Veränderung des Abstandes zwischen den beiden Kugeln regulirt. Ist die Flasche vollständig geladen, und der mit der Axe rotirende Arm Q dem Knopf des Entladers gegenübergebracht, so geht die Entladung durch den ganzen Bogen, und die drei Funken erscheinen dem Auge vollkommen gleichzeitig. Wenn die Vorderseite des Spiegels im Niveau mit dem Funkenbrett liegt, demselben zugewandt ist und einen Winkel von 45⁰ mit dem Horizonte macht, so erblickt das Auge bei senkrechtem Hinuntersehen die reflektirten Bilder der drei Funken. Der Arm Q ist so angebracht, dass der Kreis geschlossen wird, wenn der Spiegel in der eben beschriebenen Lage ist. Der andere Arm dient als Gegengewicht. Um die Ungenauigkeit zu vermeiden, welche ent-

Fig. 108.



stehen würde, wenn Entladungen bei verschiedenen Stellungen des Armes gegen den Knopf des Entladers einträten, ist die Glimmerplatte S dazwischen gestellt, welche genau der Axe des Entladers gegenüber einen sehr kleinen horizontalen Schlitz besitzt. Dadurch sind dem Vollzuge der Entladungen sehr enge Grenzen gesteckt, und mit wie grosser Geschwindigkeit der Spiegel sich auch drehen mag, so erscheinen doch die Funken im Allgemeinen innerhalb des Gesichtsfeldes.

Da in das Resultat, welches aus der Berechnung des Räderzuges für die Winkelgeschwindigkeit entspringt, wegen der grossen Geschwindigkeit kein Zutrauen zu setzen war, so wurde eine Vorrichtung getroffen, auf akustischem Wege die Schnelligkeit zu bestimmen. Ein Papierstreif wurde nämlich gegen den Arm Q gehalten, so dass derselbe bei jeder Umdrehung einen Schlag darauf geben musste. Auf diesem

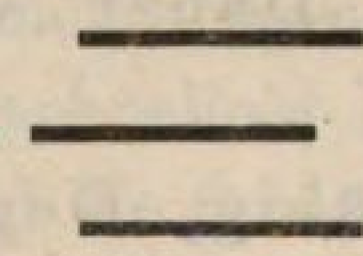
Wege erhielt Wheatstone bei dem Maximum der angewandeten Geschwindigkeit den Ton *G*♯[4] ($\overline{\overline{gis}}$), welcher 800 Umdrehungen in der Sekunde andeutet.

4. **Die Beobachtung.** Erwägen wir nun, eine wie kurze Dauer des elektrischen Lichts, und eine wie grosse Geschwindigkeit seiner Fortpflanzung noch mittelst des eben beschriebenen Instrumentes beobachtet werden kann. Der Spiegel dreht sich 800 Mal in einer Sekunde, und während dieser Zeit würde das Bild eines festen Punktes 1600 Umkreise beschreiben, weil die Winkelgeschwindigkeit des Bildes die doppelte des Spiegels ist. Die Verlängerung des Funkens zu einem halben Grad, eine offenbar sichtbare Grösse, die in circa $3{,}13^m$ Entfernung gesehen gleich $2{,}6^{cm}$ ist, würde also andeuten, dass der Funke $^1/_{1152000}$ einer Sekunde Bestand hatte. Die Ablenkung um einen halben Grad zwischen den beiden äussern Funken würde also, da der Draht eine halbe engl. Meile lang war, eine Geschwindigkeit von 576,000 engl. Meilen in der Sekunde anzeigen. Diese Geschwindigkeit findet in der Voraussetzung statt, dass die Elektricität von einem Ende des Drahtes zum anderen übergehe. Unter der Bedingung dagegen, dass die elektrischen Fluida von beiden Enden gleichzeitig auslaufen, musste die Geschwindigkeit die Hälfte von der im vorhergehenden Falle sein, d. h. 288,000 engl. Meilen betragen.

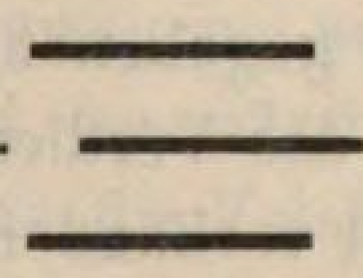
Hierbei ist noch zu beachten, dass, wenn die im Spiegel gesehenen Funken nicht gleichzeitig eintreten, diese Zeitverschiedenheit in dem Spiegel sich durch eine Raumverschiedenheit in der Weise bemerkbar machen musste, dass der später erscheinende Funke nicht in derselben Senkrechten mit den anderen sein konnte, und also, wenn die beiden Funken am Ende gleichzeitig erscheinen, diese senkrecht unter einander sein, der mittlere dagegen zurückbleiben musste, je nach der Drehung nach rechts oder links.

Die Beobachtung zeigte nun, wenn die Geschwindigkeit des Spiegels eine gewisse Gränze überstieg, die drei Funken zu drei parallelen Linien verlängert, und diese Verlängerung wurde beträchtlicher mit der Zunahme der Geschwindigkeit. Die grösste Verlängerung, welche beobachtet wurde, betrug etwa 24^0, was eine Dauer von ungefähr $^1/_{24000}$ einer Sekunde anzeigt. War die Geschwindigkeit gering, so schienen die Endpunkte der Linien genau in einer Vertikalen zu liegen, war aber die Geschwindigkeit beträchtlich, und drehte sich der Spiegel zur Rech-

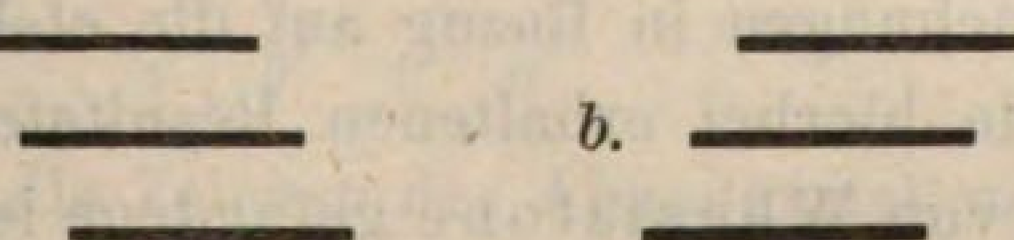
ten, so nahmen die Linien das Ansehen der Fig. 109 an,

Fig. 109. 

drehte er sich gegen die Linke, so erschienen sie wie in Fig. 110.

Fig. 110. 

Niemals aber erschienen sie wie Fig. 111 *a* oder *b*,

Fig. 111 *a*. *b*. 

was nach der Hypothese von einem einzigen Fluidum der Elektricität hätte erscheinen müssen.

Bei allen Versuchen stand das Funkenbrett 3,13^m vom Spiegel entfernt. Die Ablenkung zwischen den äusseren Funken und dem mittleren hatte nach Wheatstone's Urtheil nicht einen halben Grad überstiegen.

5. Resultat der Beobachtungen. Wheatstone giebt zu, dass die hier aufgeführten Versuche nicht geeignet sind, Resultate mit numerischer Genauigkeit festzustellen. Da jedoch die vorher gegebene Schätzung die Dauer des Funkens mit $^1/_{1152000}$ einer Sekunde und die Länge des in einer Sekunde durchlaufenen Weges mit etwa 60000 deutschen Meilen angiebt, so stellt Wheatstone folgende Sätze als Resultate der Untersuchung auf, zu denen er allerdings nach dem Vorangehenden berechtigt ist:

1. „Die Geschwindigkeit der Elektricität durch einen Kupferdraht übertrifft die des Lichts (welche 40,000 Meilen in der Sekunde beträgt) durch den planetarischen Raum."

2. „Die Störung des elektrischen Gleichgewichts in einem Draht, der an seinen Enden mit den beiden Belegungen einer Leydner Flasche verbunden ist, schreitet mit gleicher Schnelligkeit von den beiden Enden aus fort, und trifft in der Mitte des Bogens zuletzt ein."

3. „Das Licht der Elektricität von hoher Spannung hat noch nicht die Dauer von einem Milliontel einer Sekunde.“

4. „Das Auge ist fähig, Gegenstände distinct wahrzunehmen, welche ihm innerhalb desselben kleinen Zeitintervalls dargeboten werden.“

Wenngleich die hier gegebenen Resultate der Bestimmtheit entbehren, so haben sie doch das Verdienst, nachgewiesen zu haben, dass überhaupt eine Möglichkeit vorhanden ist, die Stromgeschwindigkeit zu messen, während alle vorhergehenden Versuche diese Möglichkeit darzuthun nicht im Stande gewesen waren. In neuerer Zeit hat man wiederholt Untersuchungen in Bezug auf die elektrische Geschwindigkeit angestellt. Alle hierbei erhaltenen Resultate geben einen kleineren Werth, als der von Wheatstone gefundene ist; allein es ist dabei vor allen Dingen zu beachten, dass bei den neueren Untersuchungen die Geschwindigkeit des galvanischen Stromes, und zwar unter durchaus anderen Bedingungen gemessen worden ist. Wir werden später auf diese anderen Bedingungen wieder zurückkommen und sehen, dass dieselben auch nothwendigerweise ein anderes Resultat ergeben mussten.

Die nächste Untersuchung über die Geschwindigkeit der Elektricität wurde im Jahre 1848 von Walker mittelst der Telegraphenlinien der Vereinigten Staaten Nordamerika's angestellt.

§ 3.

Messung der Geschwindigkeit des galvanischen Stromes von Walker.

1. Methode der Untersuchungen. Die Untersuchung Walkers wurde sowohl mit einem Morse'schen[1]), als mit einem Bain'schen Telegraphen[2]) angestellt. Bei dem ersten derselben, wenn es ein Reliefschreiber ist, werden bekanntlich die Zeichen mittelst eines Stiftes auf einem Streifen Papier ausgedrückt, während bei dem Bain'schen Telegraphen ein Stift eine chemische Zersetzung bewirkt.

Macht man nun Zeichen in sehr nahe an einander liegenden Zeittheilen, so hat man auf dem Papier sehr nahe bei einander befindliche Eindrücke, und wenn die Geschwindigkeit der Bewegung des Papiers

[1]) Siehe Abschnitt VI, § 1. [2]) Siehe Abschnitt VI, § 12.

bekannt ist, so werden die zwischen den Eindrücken vorhandenen Abstände einen Schluss auf die aufeinander folgenden Zeitintervalle erlauben.

An jedem Ende der Telegraphenlinie ist ein Apparat mit einer galvanischen Säule aufgestellt, und die Communication ist in der Weise geordnet, dass ein Beobachter an jeder Station Zeichen giebt. Setzt man nun voraus, dass die beiden Papierstreifen an beiden Enden sich mit derselben Geschwindigkeit bewegen, und dass jeder Beobachter abwechselnd ein Zeichen macht, so müssten die beiden Streifen Papier unter der Voraussetzung, das die Zeichen zu ihrem Wege keine Zeit gebrauchten, folgendermassen aussehen:

$$a' \quad b \quad c, \quad d$$

$$a \quad b' \quad c \quad d'$$

wenn a, b, c, d die Zeichen der Abgangsstation und
a' b' c' d' die Zeichen der entfernten Station sind.

Hätten dagegen die Zeichen zu ihrer Fortpflanzung eine Zeit nöthig, so würde sich die Vertheilung der Zeichen folgendermassen darstellen:

$$a'b \qquad c'd$$

$$a \qquad b'c \qquad d'$$

Der Unterschied der Längen von $a'b$ und ab', sowie $c'd$ und cd' würde natürlicherweise um so grösser sein, je beträchtlicher die Zeit der Fortpflanzung, d. h. je geringer die Geschwindigkeit wäre.

Diese Differenz ist eine gewisse Länge, welche in Zeit umgeformt werden kann nach der Geschwindigkeit der Bewegung des Papiers, und es ist leicht einzusehen, dass diese Zeit das doppelte der Dauer der Fortpflanzung der Zeichen von einer Station zur andern darstellen muss.

2. Fizeau's Beurtheilung dieser Methode. Diese Methode[1]), sagt Fizeau, ist im Prinzip einfach und streng, aber in der Anwendung ist es nicht so. Einmal prägen sich die Zeichen auf dem Papier nicht augenblicklich bei der Ankunft des Stromes ein, ferner ist die Zeit, welche die Zeichen bis zum Sichtbarwerden nach der Wirkung des Stromes bei verschiedenen Apparaten gebrauchen, nicht als gleich anzusehen. Dies gilt sowohl für den Morse'schen Telegraphen, wo Elektromagnete thätig sind, als für den Bain'schen, wo die chemische Wirkung sich äussert. Ferner gebraucht ein jeder Mechanismus Zeit, ehe er in Bewegung kommt, nachdem die Kraft auf ihn zu wirken be-

[1]) Moigno Télégraphie électrique pag. 196.

gonnen hat, und da auch dies je nach der Grösse der wirkenden Kraft eine verschiedene Zeit erfordert[1]), so müssen auch aus diesem Grunde die Versuchsresultate fehlerhaft werden, weil ja der Strom zu Anfang und zu Ende der Station wegen der auf so langen Strecken stets vorhandenen Nebenleitung verschiedene Stärke hat. Eine vierte Fehlerquelle liegt in dem von Walker benutzten Relais, bei dem ja wieder ein Elektromagnet in Thätigkeit ist, der aus dem genannten Grunde verzögernd wirken muss.

Aus Allem diesem folgt, dass der Augenblick, wo der Strom in Thätigkeit tritt oder unterbrochen wird, nicht zusammenfällt mit dem Moment, in welchem das Zeichen sichtbar wird.

3. Art der Berechnung Walker's. Bei dem Versuche Walker's mit dem Bain'schen Telegraphen war die Linie von Boston bis New-York, eine Drahtlänge von 220 engl. Meilen, oder 354 Kilometer, verbunden. Die Dauer der Zeichen war meist 0,25 Sekunden und die Zeit zwischen zwei Zeichen 0,5 Sekunden.

Es wurde nun eine Reihe von Messungen angestellt, um zu untersuchen, ob die Dauer der Zeichen auf beiden Stationen dieselbe wäre. Es ergab sich, dass unter 30 von New-York nach Boston gesandten Zeichen 8 dieselbe Länge auf beiden Stationen hatten, 19 waren in New-York viel länger als in Boston, 3 dagegen waren in Boston viel länger als in New-York. Bedeuten m' und m die Längen auf beiden Stationen, so variirte die Differenz $m' - m$ von $+ 0{,}05$ Sek. bis $- 0{,}05$, und der mittlere Werth für die 30 Zeichen war $+ 0{,}0123$ Sek.

Wurden nun die Zeichen im entgegengesetzten Sinne, d. h. von Boston nach New-York gesandt, und bedeuten m' und m die Länge der Zeichen auf den entsprechenden Stationen, so variirten die Differenzen $m' - m$ zwischen $+ 0{,}04$ bis $- 0{,}05$ Sek., der mittlere Werth für 21 Zeichen betrug $+ 0{,}0024$ Sek.

Man sieht also ein, dass die Dauer derselben Zeichen, die auf den beiden Stationen gemessen wurden, im Allgemeinen nicht gleich war, und dass die Verschiedenheiten ohne irgend welche Regelmässigkeit auftraten, so dass ein in Boston von der Dauer einer Viertelsekunde gegebenes Zeichen in New-York zwischen 0,3 und 0,4 Sek. variiren konnte, ohne dass man den Grund für diese Abweichungen zu bestimmen im Stande war.

Bei diesen Unsicherheiten erhält nun Walker unter der Voraus-

[1]) Siehe Abschnitt II. § 5, No. 7.

setzung, dass die Elektricität den Weg durch den Erdboden genommen habe, in dem einen Falle 16000 und im anderen 12000 engl. Meilen. Wir haben bereits früher gesehen, dass von einem Wege durch die Erde nicht die Rede sein kann[1]).

Da nun aber der Weg durch die Drähte länger gewesen wäre, so würden sich für die Geschwindigkeit, unter der Annahme, dass für die gemessene Elektricität nicht die Erde als Weg zu betrachten sei, in dem einen Falle 19500 und in dem anderen 14300 engl. Meilen ergeben.

§ 4.

Messung der Geschwindigkeit des galvanischen Stromes von Mitchel[2]).

1. Theoretische Betrachtungen. Da man die Zeit, welche ein Strom gebraucht, nicht direkt messen kann, so muss nach vorangegangenen Beobachtungen immer eine Rechnung angestellt werden, aus der man dann als Resultat die Geschwindigkeit des von der Elektricität durchlaufenen Weges erhält. Diese Rechnungen gründen sich stets auf bestimmte Ansichten, welche man über die Natur der Elektricität, über die Art ihrer Fortpflanzung, wie über ihren Einfluss auf die Körper hat. Diese Ansichten aber werden aus Hypothesen hergeleitet, und deshalb kann die Rechnung und mit ihr das Resultat ein anderes werden, je nachdem man die eine oder die andere Hypothese als die den Erscheinungen entsprechende Grundursache annimmt. Wie bei den Untersuchungen von Walker sich eine andere Geschwindigkeit ergab, je nachdem der Weg der Elektricität durch die Erde oder durch die Leitungsdrähte angenommen wurde, so ändert sich das von Mitchel erhaltene Resultat, je nachdem die von ihm oder von anderen Physikern angenommene Art der Verbreitung der Elektricität durch die ganze zu einem Kreise geschlossene Leitung des Stromes als begründet angesehen wird.

In Bezug hierauf sagt Gould[3]): Professor Mitchels Ansicht von der Sache ist die, dass eine merkliche Zeit verfliesst, ehe ein durch Schliessung oder Unterbrechung des galvanischen Stromes gegebenes Signal nach jeder anderen Station hin mitgetheilt wird, und dass dann alle das Signal gleichzeitig empfangen. Hieraus und aus den bei seinem

[1]) Siehe vorn Abschnitt III, § 1 No. 5. [2]) The astr. Journ. No. 2; Pogg. Ann. 80 pag. 161. [3]) Americ. Journ. XI. pag. 67 u. f.; Krönig's Journ. III. pag. 6.

Versuche gemachten Beobachtungen zieht er den Schluss, dass zwischen den Polen einer Batterie zwei Fluida in entgegengesetzten Richtungen circuliren, dass aber der Einfluss von beiden nicht früher merkbar wird, als bis bei allen beiden die vollständige Circulation von Pol zu Pol eingetreten ist".

Gegen diese Ansicht führt Gould unter anderen Faraday an, welcher sagt[1]): „Ein höchst wichtiger Punkt im Charakter des Stromes, ein wesentlich mit seiner wahren Natur verknüpfter, besteht darin, dass er immer derselbe ist. Niemals ist blos ein Strom von Kraft oder eine Flüssigkeit vorhanden. Jeder Theil des Stromes kann als genau derselbe mit jedem anderen Theile betrachtet werden; und die zahlreichen Versuche, welche deren mögliche Trennung andeuten, so wie die täglich gebrauchten Ausdrücke, welche dies annehmen, sind, glaube ich, im Widerspruche mit Thatsachen. Es scheint mir eben so unmöglich, bloss einen Strom von positiver oder negativer Kraft, oder beide zugleich, aber den einen vorwaltend über den andern anzunehmen, als es unmöglich ist, der Materie eine absolute Ladung ertheilen."

Mehr als der Faraday'sche Ausspruch, der wohl hier keine Anwendung findet, wird Mitchel's Ansicht durch die bereits angeführten Beispiele des Verhaltens der Flaschendrähte[2]) widerlegt.

Zum Beweise seiner Behauptung führt Mitchel ein Experiment an, welches allerdings ein beachtenswerthes Resultat liefert, dessen Erklärung jedoch noch in vielen anderen Umständen liegen kann, ohne dabei die eigenthümliche Ansicht über die Wirkungsweise des Stromes zu bestätigen.

Wenn ein Elektromagnet in der Nähe der Säule, oder in grosser Entfernung aufgestellt wurde, immer verfloss dieselbe Zeit vom Schliessen des Stromes bis zum Thätigwerden des Magneten. Aber diese Zeit war nicht dieselbe, wenn der den Magneten erregende Strom durch eine kurze Drahtleitung geschlossen wurde.

Fizeau giebt Gründe an, welche möglicherweise diese Erscheinungen hervorgerufen haben können, ohne dass die Ansicht Mitchel's über den Strom Geltung hätte, und sagt dann: „Bei Aenderung seiner Versuche beobachtete der Autor andere Phänomene, welche direkt von der Fortpflanzungsgeschwindigkeit abhängen, und die ihm nur in Folge seiner ungenauen theoretischen Vorstellungen haben entgehen können. Wenn nämlich der Strom anstatt in der Nähe des Elektromagneten geschlossen zu werden, in bedeutender Entfernung von demselben ge-

[1]) Pogg. Ann. 48 pag. 520. [2]) Siehe Abschnitt III, § 4 No. 3 und 4.

schlossen wird, so beobachtet man stets, dass er viel später in Wirksamkeit tritt[1])".

Die Methode, durch welche Mitchel zu seinen Resultaten gelangt, war folgende:

2. Methode der Messung. Die Sternuhr der Sternwarte zu Cincinnati ist so eingerichtet, dass sie ihre Pendelschläge auf eine Metallplatte überträgt, die unter einer aufzeichnenden Stahlfeder von fester Stellung rotirt, und zwar mit gleichförmiger Geschwindigkeit. Eine zweite Feder, der ersten gegenüber, dient dem Beobachter zur Aufzeichnung einer beobachteten Erscheinung. Die erste Feder heisse Normalfeder, die zweite Beobachtungsfeder. Beide Federn standen mit örtlichen Batterien, und die zweite mit einem Elektromagneten in Verbindung, durch dessen Anziehen die Aufzeichnungen auf der Metallplatte veranlasst wurden. Dieser Elektromagnet konnte nach Belieben des Beobachters mittelst der Lokalbatterie, oder der grossen Batterie der Telegraphenleitung, welche von Cincinnati bis Pittsburg, oder von da durch einen zweiten Draht wieder nach Cincinnati zurückging, in Verbindung gebracht werden. Die Länge der genannten Drahtleitung betrug 607 engl. Meilen.

Die Aufzeichnung der Beobachtungsfeder geschah durch die Normalfeder, welche mittelst eines metallischen Ansatzes die Kette des Elektromagneten schloss. Wurde nun dieser Elektromagnet durch die Lokalkette geschlossen, so geschahen die Aufzeichnungen beider Federn gleichzeitig, denn die Armaturzeit des Elektromagneten, und die Zeit, während der Strom die Lokalkette und den Elektromagneten durchlief, waren unmerklich. Wirkte dagegen die lange Telegraphenleitung auf den Elektromagneten und die Beobachtungsfeder, so blieb die Aufzeichnung der letzteren gegen die der Normalfeder um die Zeit zurück, welche der Strom zum Durchlaufen des 607 Meilen langen Drahtes gebrauchte. Man sieht ein, dass die zwischen den beiden Aufzeichnungen der Federn beobachtete Zeitdifferenz nur dann ganz auf die Zeit zu rechnen ist, die der Strom zum Durchlaufen der langen Leitung gebraucht, wenn die Stromstärke beider Ströme, des langen und des kurzen, gleich war, damit die Wirkung des Ankers in beiden Fällen dieselbe blieb. Nachdem dafür gesorgt und auch die Adjustirung des Stiftganges mit Sorgfalt ausgeführt war, zeigten 5 Versuchsreihen, drei mit der langen und zwei mit der kurzen Kette, dass auf die Verzögerung durch

[1]) Compt rend. XXXII. 47. Inst. 1851 No. 888 pag. 20.

die lange Leitung der 607 Meilen 0,01128 Sekunden kamen, woraus denn auf eine Geschwindigkeit von 28524 englischen Meilen geschlossen werden müsste.

Fizeau fügt diesen Beobachtungen die Bemerkung bei[1]), dass dieselben mit den von ihm angestellten Untersuchungen über denselben Gegenstand in Einklang zu bringen seien.

§ 5.

Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Fizeau und Gounelle.

1. Apparat. Die von Fizeau und Gounelle angestellten Messungen verdienen sowohl vor den bisher besprochenen, als auch vor mehreren späteren unbedingt den Vorzug. Dieser wird besonders dadurch bedingt, dass die Methode, der diese Physiker sich bedienen, nur einen einfachen Apparat erfordert, in Folge dessen gleich von vornherein eine Menge von Fehlerquellen durchaus unmöglich werden.

Denken wir ein hölzernes Rad[2]) von 50^{mm} Durchmesser auf seinem Umfange in 36 gleiche Abtheilungen getheilt, abwechselnd aus Platin und aus Holz bestehend, welches auf der Axe einer Froment'schen Rotationsmaschine steckte, deren Geschwindigkeit ein Zähler zu messen erlaubte. Gegen die Abtheilungen des Rades legten sich paarweise, aber von einander isolirt, Platinfedern, mittelst deren ein fortlaufender Leiter bei der Drehung des Rades abwechselnd unterbrochen und geschlossen werden konnte, indem die eine Feder mit dem einen Ende des Leiters und die daneben liegende mit der Fortsetzung desselben verbunden ward. Dieses Rad und ein Differenzialgalvanometer waren der einzige Apparat, den sie anwandten. Sie vermeiden also besonders einen Elektromagneten, der so viele Fehlerquellen bedingt.

2. Methode der Messungen. Auf dem eben beschriebenen Rade sind zwei Federpaare angebracht, zu denen der Strom so geleitet wird, dass er dieselben gleich hinter einander durchläuft, wenn nun diese Paare von Federn gleichzeitig auf Platin- und dann wieder gleichzeitig auf Holzabtheilungen schleifen, so werden sie den Strom wie ein Unterbrecher, d. h. wie nur ein Federnpaar unterbrechen. Schaltet man

[1]) Compt. rend. XXXII. pag. 47; Berl. Ber. 1850 und 51 pag. 696. [2]) Compt. rend. T. XXX. pag. 437; Pogg. Ann. 80 pag. 158; Berl. Ber. 1850 und 51 pag. 692.

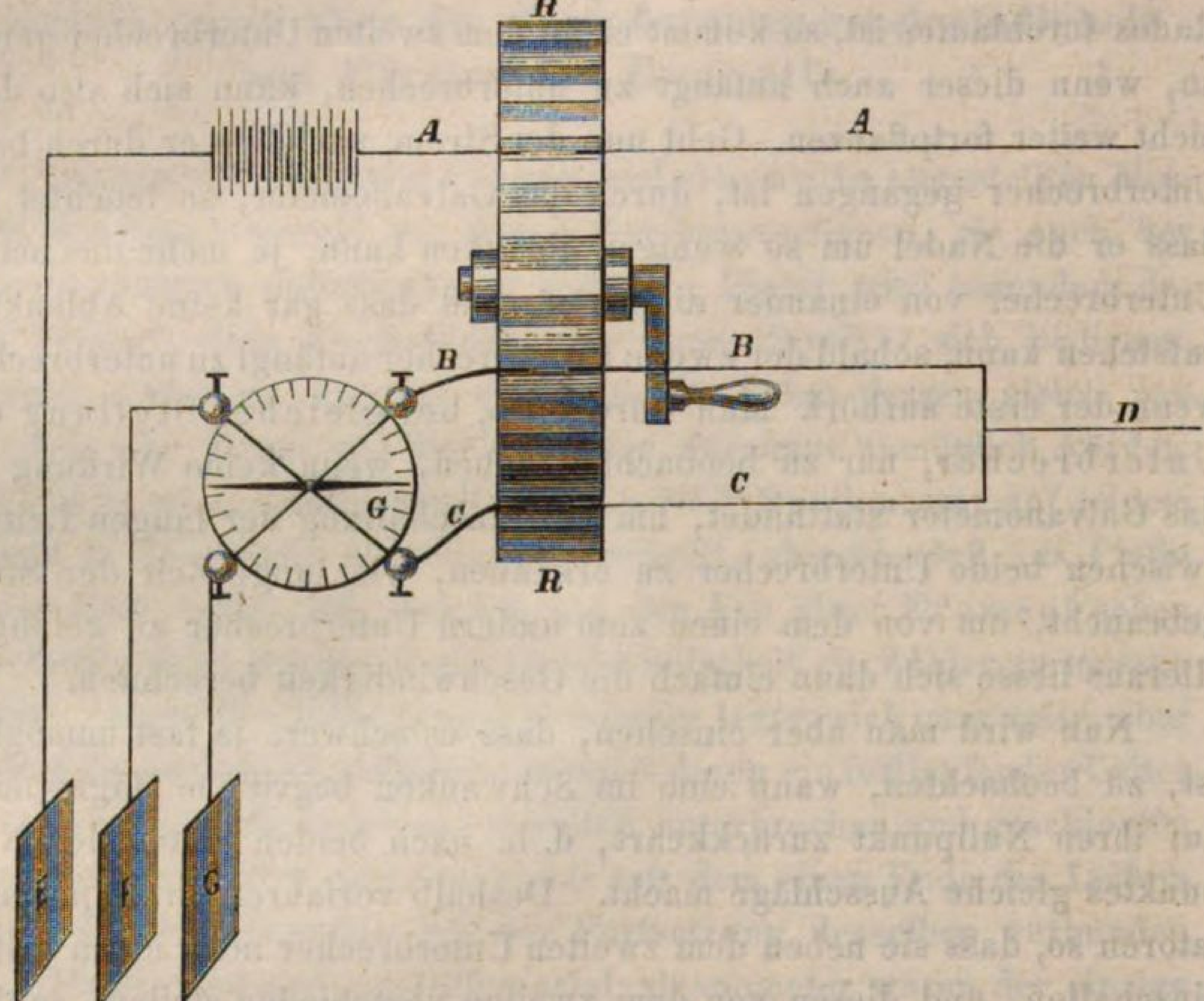
ferner zwischen den ersten und zweiten Unterbrecher eine sehr lange Stromleitung ein, so würden jetzt diese beiden Unterbrecher noch ganz wie vorher wirken, wenn der Strom unendlich schnell sich bewegte. Gebraucht der Strom aber eine Zeit, um einen Leiter zu durchlaufen, so kann er an dem zweiten Unterbrecher erst ankommen, wenn der erste bereits einen Theil seines leitenden Weges gemacht hat, und ist die Umdrehungsgeschwindigkeit des Unterbrechungsrades gerade so gross, dass in der Zeit, während welcher der Strom von dem einen zum anderen Unterbrecher gelangt, auch die leitende Ableitung des Rades durchlaufen ist, so kommt er an dem zweiten Unterbrecher gerade an, wenn dieser auch anfängt zu unterbrechen, kann sich also dann nicht weiter fortpflanzen. Geht nun der Strom, nachdem er durch beide Unterbrecher gegangen ist, durch das Galvanometer, so leuchtet ein, dass er die Nadel um so weniger ablenken kann, je mehr die beiden Unterbrecher von einander differiren, und dass gar keine Ablenkung entstehen kann, sobald der zweite Unterbrecher anfängt zu unterbrechen, wenn der erste aufhört. Man würde also, bei gleicher Stellung der Unterbrecher, nur zu beobachten haben, wenn keine Wirkung auf das Galvanometer stattfindet, um bei Einschaltung der langen Leitung zwischen beide Unterbrecher zu erkennen, wie lange Zeit der Strom gebraucht, um von dem einen zum andern Unterbrecher zu gelangen. Hieraus liesse sich dann einfach die Geschwindigkeit berechnen.

Nun wird man aber einsehen, dass es schwer, ja fast unmöglich ist, zu beobachten, wann eine im Schwanken begriffene Magnetnadel auf ihren Nullpunkt zurückkehrt, d. h. nach beiden Seiten des Nullpunktes gleiche Ausschläge macht. Deshalb verfahren die Experimentatoren so, dass sie neben dem zweiten Unterbrecher noch einen dritten einschalten, und diesen von dem zweiten verschieden stellen, so dass der dritte gerade schliesst, wenn der zweite unterbricht, und also der zurückkehrende Strom entweder durch den zweiten, oder dritten, oder durch beide nach dem Galvanometer geht. Die Leitung von dem zweiten und dritten Unterbrecher führt nach zwei Drähten, aus denen das Galvanometer gebildet ist, und die die Nadel in entgegengesetztem Sinne ablenken. Daraus folgt, dass die Nadel auf Null stehen, oder doch ein Minimum haben wird, wenn beide Unterbrecher gleiche Quantität des Stromes durchlassen, und dass die Ablenkung ein Maximum zu Gunsten des dritten Unterbrechers geben wird, wenn der Strom durch ihn allein geleitet wird, d. h. wenn die obige Bedingung eintritt, dass der zweite Unterbrecher gerade anfängt zu unterbrechen, wenn der Strom vom ersten Unterbrecher zu ihm gelangt. Dieses Maximum lässt sich bequem

beobachten, und man hat dann nur zu zählen, wie viele Umdrehungen das Unterbrechungsrad in diesem Falle macht.

3. **Der Versuch.** Nach dieser Methode wurde nun bei folgender Einrichtung beobachtet. Die Versuche wurden an den Drähten der elektrischen Telegraphen von Paris nach Rouen und von Paris nach Amiens angestellt. Die beiden Drähte jeder dieser Linien konnten zu

Fig. 112.



Rouen und zu Amiens vereinigt werden, und bildeten sodann Leiter von grosser Länge, deren Enden in einem und demselben Saale des Ministeriums des Innern in Paris ausliefen. Für die Linie nach Amiens betrug die Länge 314 Kilometer und für die nach Rouen 288. Die erstere war aus Eisendrähten construirt, die zweite zu einem Drittel etwa aus Eisendraht und nur zu zwei Dritteln aus Kupferdraht. Dies war für die Untersuchungen ein sehr glücklicher Umstand, indem er zu erkennen erlaubte, dass die Geschwindigkeit nicht gleich ist in verschiedenen Leitern.

Es stelle Fig. 112 *R* das Unterbrechungsrad dar, nach welchem hin die drei vorn besprochenen Drähte führen, der von der Säule *A*, und

die beiden, in welche das Ende der Leitung getheilt ist, *B* und *C*, so dass also drei Unterbrechungen stattfinden. *E*, *F*, *G* seien die drei Platten, durch die der Strom aus der Säule und aus den vom Galvanometer kommenden Drähten in die Erde abgeleitet wird.

Bei einer ähnlichen Einrichtung wie die gezeichnete ergaben sich nun Maxima für bestimmte Umdrehungsgeschwindigkeiten des Unterbrechers. Das erste Maximum, bei dem also nach dem vorn Gesagten der Strom gar nicht durch *B*, sondern allein durch *C* ging, zeigte sich für die längere Linie nach Amiens von 314 Kilometern bei einer Geschwindigkeit von 9 Umläufen in der Sekunde. Eine kürzere Strecke erfordert natürlich raschere Umdrehung, wenn der Strom den Unterbrecher *B* nicht erreichen soll, ehe er unterbricht; daher zeigte sich das Maximum für die Linie nach Rouen (288 Kilometer) bei einer Geschwindigkeit von 13,58 Umläufen in der Sekunde.

4. Resultate. Aus diesen Versuchen gelangten die Experimentatoren zu folgenden Schlüssen:

1. „In einem Eisendraht von 4^{mm} Durchmesser pflanzt sich die Elektricität mit einer Geschwindigkeit von 101710 oder rund 100000 Kilometern in der Sekunde fort.“
2. „In einem Kupferdraht von $2{,}5^{mm}$ Durchmesser beträgt die Geschwindigkeit 177722 Kilometer oder rund 180000^{km}.“
3. „Die beiden Elektricitäten pflanzen sich mit gleicher Geschwindigkeit fort.“
4. „Die Stromintensität hat keinen Einfluss auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit.“
5. „In Leitern von verschiedener Natur ist die Geschwindigkeit nicht dem Leitungsvermögen proportional.“
6. „Wenn discontinuirliche Ströme sich in einem Leiter fortpflanzen, so erleiden sie eine Diffussion, vermöge welcher sie am Orte der Ankunft einen grösseren Raum einnehmen, als an dem des Ausgangs.“
7. „Die Versuche machen den Satz sehr wahrscheinlich, dass die Geschwindigkeit sich nicht mit dem Querschnitt des Leiters verändere.“
8. „Für diesen Fall ändert sich dann die Geschwindigkeit nur mit der Natur des Leiters, und die vorn gegebenen

Zahlen stellen dann die absoluten Geschwindigkeiten in **Eisen** und **Kupfer** dar."

§ 6.

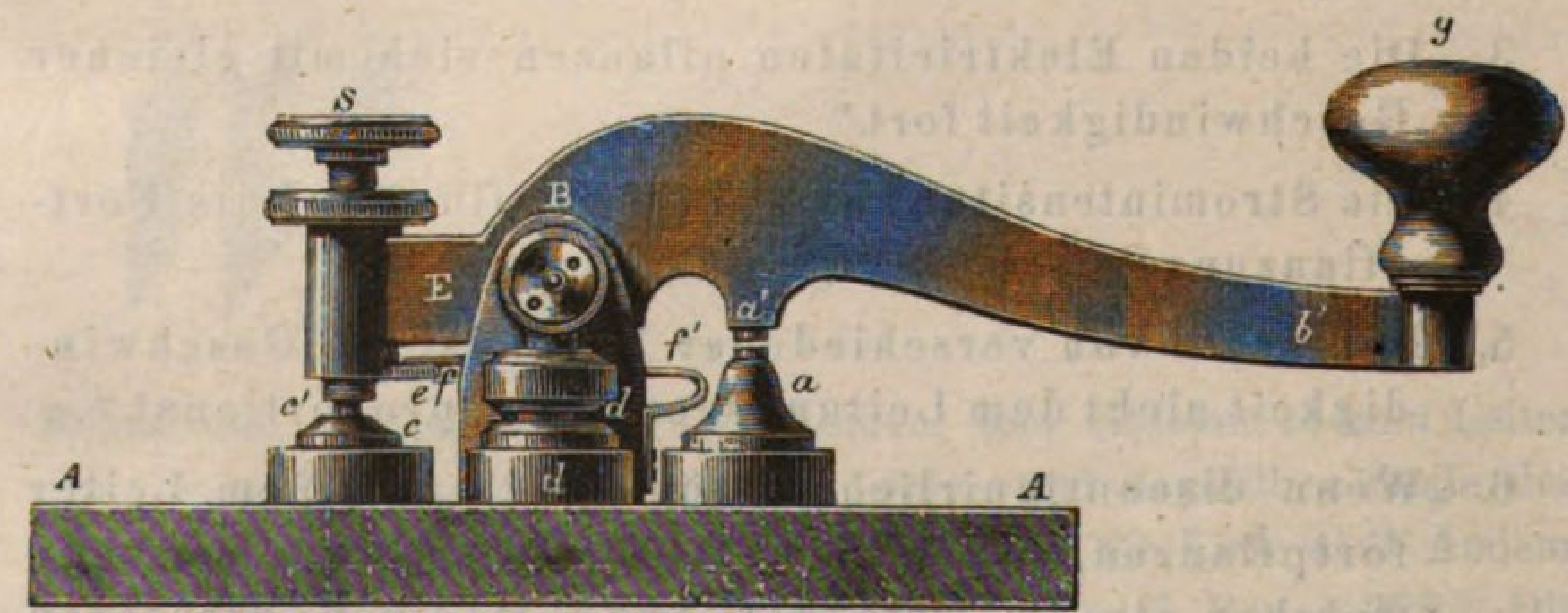
Messung der Geschwindigkeit des galvanischen Stromes von B. A. Gould jun.

1. Methode. Die Messungen, welche Gould im Jahre 1850 angestellt hat[1]), sind nach einer Methode unternommen, die wieder von den bisher besprochenen durchaus verschieden ist. Er lässt, nach Verbindung der Telegraphenlinie von Washington bis St. Louis, eine Länge von 1045 engl. Meilen auf jeder Station mittelst des Morse'schen Schreibapparates auf dem sich bewegenden Papierstreifen andauernd einen Strich zeichnen, welcher innerhalb jeder Sekunde mittelst des Pendels einer Sekundenuhr regelmässig auf einen Moment unterbrochen wird, so dass Striche, etwa in der Weise, wie Fig. 113 zeigt, auf dem Papierstreifen erhalten werden.

Fig. 113. ——— ——— ——— ——— ———

Gleichzeitig ist der Morse'sche Schlüssel, Fig. 114, auf jeder

Fig. 114.

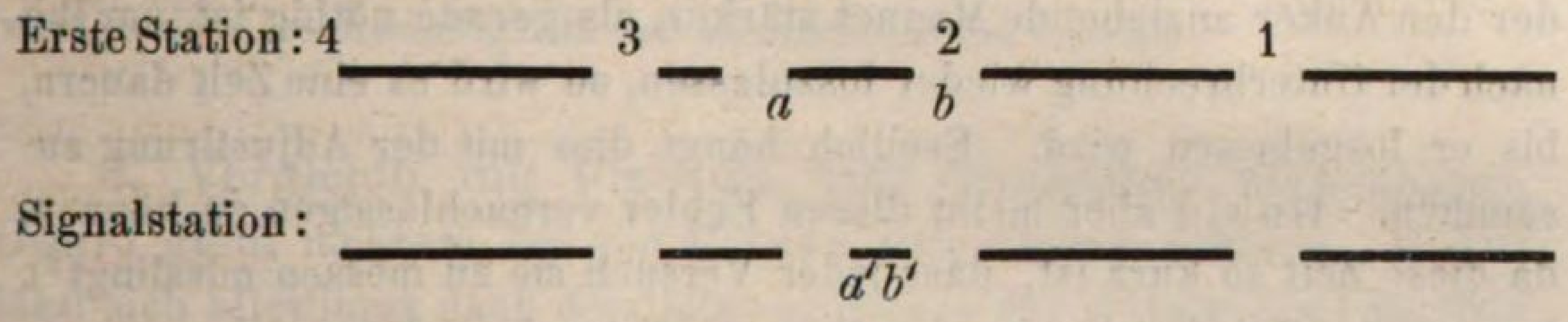


Station so in den leitenden Kreis eingeschaltet, dass der Strom bei *d* ein- und bei *c* wieder ausgeleitet wird, oder umgekehrt. Dadurch ist der Experimentator im Stande, durch Niederdrücken des Knopfes den Strom beliebig zu unterbrechen.

[1]) Americ. Journ. 2nd series XI. pag. 67, 153; Krönig's Journ. III. pag 1.

Wird nun während dieser regelmässigen Aufzeichnung der Uhrpausen auf einer entfernten Station durch obigen Schlüssel ein willkürliches Zeichen gegeben, so kann dieses in Gestalt einer Unterbrechung der Uhrmarken gemachte Zeichen auf den verschiedenen Stationen sich nicht an derselben Stelle der Uhrmarken befinden, sondern es muss der Zeitraum zwischen der Signalpause, und der vorhergehenden Uhrpause auf einer vor der signalisirenden Station liegenden Station länger sein, als auf der ersteren; die Papierstreifen der Signalstation, und einer der vorherliegenden werden also etwa folgendes Aussehen erhalten:

Fig. 115.



Aus der Differenz zwischen der Grösse von $a'b'$ und ab berechnet Gould die Geschwindigkeit der Elektricität.

2. Bedenken gegen die Methode. Wie bereits vorn bemerkt, ist ganz unzweifelhaft in diesem Falle in noch höherem Grade, als bei jedem anderen Experiment, diejenige Messmethode die beste, bei welcher die geringsten Fehlerquellen vorhanden sind. Vergegenwärtigen wir uns nun aber die bei der Gould'schen Messung möglichen Fehler, so müssen wir zugeben, dass ihre Zahl sehr gross ist.

Aus der eigenen Aufzählung derselben Seitens des Experimentators, und der Angabe der Mittel, diese genannten Fehlerquellen zu vermeiden, erhellt ganz deutlich, wie unzuverlässig diese Methode ist.

1. Die Papierstreifen bewegen sich auf den verschiedenen Stationen nicht mit derselben Geschwindigkeit, daher sind die Uhrpausen auf denselben nicht gleich lang.

2. Die Magnete gebrauchen eine Zeit, bevor sie einen Anker anziehen [1]), und diese Zeit, die Gangzeit, ist verschieden nach der Stromesintensität. Um den hieraus hervorgehenden Fehler zu umgehen, berücksichtigt Gould nur die Aufzeichnung der Stromunterbrechungen, nicht das Mittel aus der Stromunterbrechung und Stromentstehung. Dadurch wäre allerdings die Gangzeit des Magneten als Fehler beseitigt,

[1]) Dub, Elektromagnetismus Abschnitt X.

wenn die Wirkung der Federn der verschiedenen Stationen gleich wäre, denn beim Unterbrechen wirkt nur die Feder, welche den Anker vom Magneten entfernt. Es hängt dies aber besonders von der Adjustirung der Apparate ab, und Gould sagt selbst, dass diese an dem Abend, als er experimentirte, fortwährend von den Telegraphenbeamten verändert worden zu sein scheint[1]).

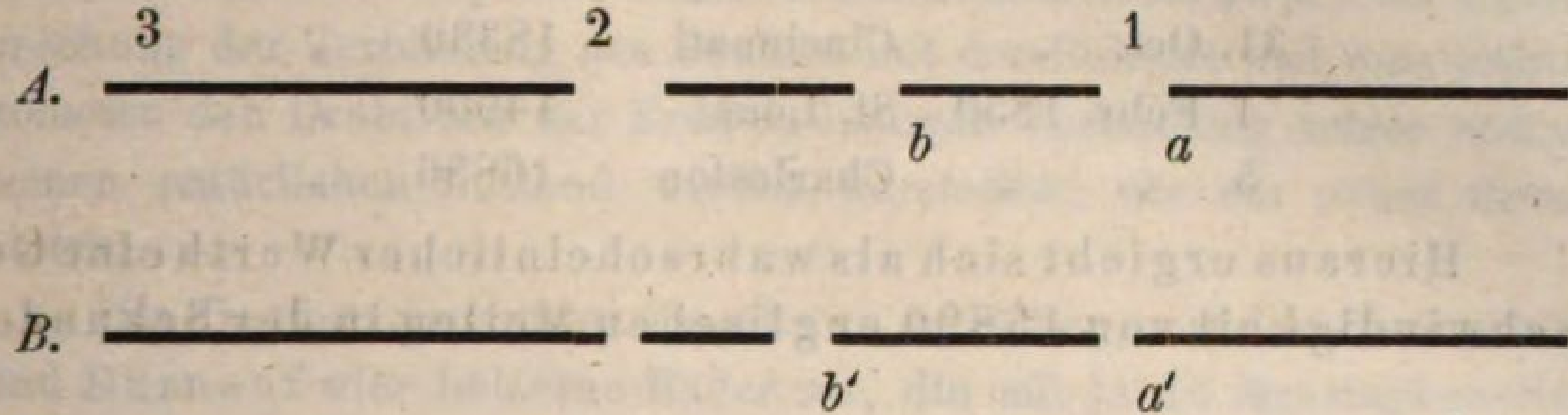
3. Auf jeder Station befindet sich eine Lokalbatterie, welche ebenfalls durch einen sich schliessenden Magneten in Thätigkeit gesetzt wird. Auch hier müssen die Ströme in allen Batterien gleich sein, und es wird die Fehlerquelle dadurch keineswegs umgangen, wenn die durch die Unterbrechung bewirkten Zeichen gemessen werden. Ist nämlich der den Anker anziehende Magnet stärker, als gerade nöthig ist, um ihn nach der Unterbrechung wieder loszulassen, so wird es eine Zeit dauern, bis er losgelassen wird. Freilich hängt dies mit der Adjustirung zusammen. Gould aber meint diesen Fehler vernachlässigen zu können, da diese Zeit so kurz ist, dass jeder Versuch sie zu messen misslingt[2]). In neuester Zeit hat Beetz das Gegentheil bewiesen[3]).

4. Zu dieser Unsicherheit über die Zeit der Unterbrechung kommt noch ein wichtiger Umstand. Fizeau behauptet nämlich, dass discontinuirliche Ströme bei ihrer Fortpflanzung eine Diffusion erleiden, vermöge der sie am Ort der Ankunft einen grösseren Raum einnehmen, als an dem des Ausganges. Durch diese jetzt von vielen Physikern beobachtete Thatsache, die freilich Gould bestreitet, wird der Moment der Aufzeichnung noch unbestimmter.

5. Die Länge der Uhrpausen, welche Gould auf den verschiedenen Stationen erhält, variirt zwischen 0,04 und 0,16 Sek. Daraus findet er bei seiner Berechnung das Mittel etwa = 0,086. Entsteht nun hierdurch nicht ein Fehler, der viel zu bedeutend ist, als dass seine Vernachlässigung keinen Einfluss auf das Resultat üben könnte? In dem einen Falle erhält man jedenfalls einen zu grossen, im andern einen zu kleinen Werth für die Geschwindigkeit. Wenn das Resultat der Messung eine Grösse ist, die so sehr variirt, dass sie in einem Falle 4 mal so gross als im andern ist, welche Sicherheit gewährt dann die Entfernung von dem Ende einer Uhrpause bis zum Anfange einer Signalpause als Maass für die Verzögerung des Stromes? Bedeuten z. B. die in den Linien A und B gezeichneten Uhrpausen 1, 2, 3 etc. oben und

[1]) Krönig's Journ. III. pag. 13. [2]) Krönig's Journ. III. pag. 14. [3]) Pogg. Ann. 105 pag. 497; Dub, Elektromagnetismus pag. 434.

Fig. 116.



unten die Unterschiede ihrer Länge, welche Sicherheit gewähren dann die Messungen von a bis b und die von a' bis b' für die Unterschiede, welche die Geschwindigkeit der Elektricität hervorruft?

3. Vergleich mit Fizeau's und Gounelle's Messungen. Gould greift mehrere der von Fizeau aufgestellten Sätze an, und es lässt sich allerdings nach dem jetzigen Stande der Wissenschaft darüber noch nicht absolut entscheiden; allein wenn er sagt, Fizeau's Methode sei der Art, dass ihre Resultate nicht unbedingtes Zutrauen verdienen, so lässt sich dagegen wenigstens das bemerken, dass diese Methode bei Weitem nicht so complicirt ist und nicht so viele Fehlerquellen hat, wie die meisten Versuche, welche mittelst Elektromagneten angestellt worden sind. Gründe, weshalb Gould den Versuchen von Fizeau kein Vertrauen schenkt, giebt derselbe nicht an, wenn nicht das ein Grund sein soll, dass die von Fizeau und Gounelle gemachten Schlüsse dem Wheatstone'schen Versuche widersprechen, da sie weder die Spannung, noch die Intensität, noch den Querschnitt des Leiters für einflussreich auf die Geschwindigkeit ansehen.

4. Resultat. Eine Classification der Resultate nach den Stationen, für deren jede die Geschwindigkeit berechnet wurde, ergiebt Folgendes:

Pittsburg	16147	Meilen in der Sekunde,
Cincinnati	15008	„ „ „ „
Louisville	12155	„ „ „ „
St. Louis	14404	„ „ „ „

Hieraus ergiebt sich als Mittel für die am 4. Februar 1850 von Gould angestellten Versuche eine Geschwindigkeit von 14900 engl. Meilen in der Sekunde.

Aus einer Combination sämmtlicher Experimente der Küstenvermessung der vereinigten Staaten erhielt Gould noch folgende Werthe:

Datum.	Endstation.	Geschwindigkeit.
23. Jan. 1849	Cambridge	18000 Meilen,
31. Oct. „	Cincinnati	18330 „
4. Febr. 1850	St. Lous	14900 „
5. „ „	Charleston	16856 „

Hieraus ergiebt sich als wahrscheinlicher Werth eine Geschwindigkeit von 15890 englischen Meilen in der Sekunde.

§ 7.
Messung der Geschwindigkeit des galvanischen Stromes von Guillemin und Burnouf.

1. Methode der Messungen. Der Grundgedanke, auf den sich die Methode stützt, nach welcher Guillemin und Burnouf ihre Messungen anstellen, ist derselbe, von dem auch Fizeau und Gounelle ausgehen; allein die weitere Ausführung jener Experimentatoren ist von der Art, wie diese zu ihrem Resultate gelangen, durchaus verschieden.

Wie Fizeau und Gounelle schliessen auch Guillemin und Burnouf[1]), dass ein Strom nicht zur Aeusserung kommen könne, wenn die Leitung eher unterbrochen wird, als derselbe den Weg bis zur Unterbrechungsstelle durchlaufen hat, und dass aus der Zeit, wie lange eine Schliessung am entgegengesetzten Ende eines Leiters dauern könne, ohne dass man einen Strom bemerke, die Zeit hervorgehe, die der Strom zum Durchlaufen des Leiters nöthig habe.

Ist nun aber Elektricität in den Draht durch den Contakt mit einem eingeschalteten Unterbrecher geleitet, der dann gleich darauf die leitende Verbindung durch seine Drehung wieder aufhebt, so bleibt diese Elektricität in dem Drahte, d. h. der Draht ladet sich mit Elektricität, wenn er nicht mit der Erde in leitender Verbindung ist. Diese Ladung muss nun bei einer neuen Schliessung auf das am Ende des Drahtes eingeschaltete Galvanometer wirken, und diese Wirkung ist dann, wie man einsieht, unabhängig von der Länge des Drahtes und von der Geschwindigkeit des Stromes, denn sie hat ja bei der neuen Schliessung nicht erst den langen Draht zu durchlaufen. Will man daher bei jeder neuen Schliessung nur den Einfluss des direkt von der Säule kommenden Stromes beobachten, so muss die Ladung des Drahtes von der vor-

[1]) Compt. rend. XXXIX. 330; Brix Journal I. pag. 200; Berl. Ber. 1854 pag. 494.

hergehenden Schliessung her zuvor aus demselben entfernt werden. Dies bewirken die Experimentatoren dadurch, dass sie nach jeder Unterbrechung der Verbindung des Drahtes mit der Batterie und dem Galvanometer den Draht mit der Erde in leitende Verbindung setzen und so seinen natürlichen Zustand wieder herstellen, ehe ein neuer Strom eintritt.

Um die eben genannten Zwecke zu erreichen, wenden Guillemin und Burnouf vier hölzerne Räder an, die mit je 16 Messinglamellen besetzt und auf einer Stahlaxe befestigt sind. Zwei dieser Räder bewirkten durch Federn, die gegen ihre Lamellen schleifen, die Ladung des Drahtes, die beiden anderen die Entladung. Während jeder Umdrehung der Räder wird also der Draht 16 mal geladen und ebenso oft entladen.

Die Leitung, an der experimentirt wurde, bestand aus zwei einander parallel gespannten, 4^{mm} dicken Eisendrähten auf der Linie von Toulouse nach Foix, deren jeder 82 Kilometer lang war.

2. Beobachtungen. Wurde nun der Strom zunächst geschlossen, und darauf der Apparat sehr langsam gedreht, so betrug die Ablenkung der Galvanometernadel bei der Drehung etwa $^2/_3$ der zuvor beobachteten. Bei schnellerer Drehung verminderte sich die Ablenkung und erreichte ihr Minimum bei 21 Umdrehungen in der Sekunde, bei noch schnellerer Drehung stieg sie wieder und näherte sich ihrer anfänglichen Grösse bei 40 bis 50 Umdrehungen. Wurde die Entladung des Drahtes nicht bewirkt, so blieb die Ablenkung bei jeder Umdrehungsgeschwindigkeit gleich.

Das Resultat der Beobachtungen war also, dass die Nadel nie auf 0 kam. Um die Ursache dieser Erscheinung zu erforschen, liessen die in Toulouse experimentirenden Physiker die Drahtverbindung auf der ihnen fernsten Station Foix lösen, so dass die Enden beider Drähte daselbst frei in der Luft isolirt waren. Dadurch war nun das Galvanometer nur mit dem unteren, die Batterie mit dem oberen der beiden Drähte in Verbindung. Wurde nun der Apparat in Thätigkeit versetzt, so wich doch die Nadel ab und erreichte bei 21 Umdrehungen wieder ihr Maximum. Da bei constanter Verbindung keine Ablenkung entstand, also die Erscheinung nicht in Nebenleitung ihren Grund haben konnte, so schlossen die Experimentatoren mit Recht, dass dieses Minimum der Ablenkung durch Induction des einen Drahtes auf den anderen, welche beide in einer Entfernung von 30 bis 40^{cm} einander parallel liefen, hervorgebracht würde.

Als Grund der Erscheinung, dass die Ablenkung der Nadel bei Vergrösserung der Umdrehungsgeschwindigkeit zunimmt, finden die Experimentatoren die noch nachwirkende Entladung des Drahtes, woraus sie schliessen, dass die Entladung weniger schnell vor sich geht, als die Ladung, d. h. dass der Draht seine Elektricität langsamer verliert, als er sie aufnimmt. Sie finden nämlich das früher beobachtete Steigen bei schnellerer Drehung nicht mehr, wenn die Zeit für die Entladung hinlänglich gross gemacht wird; das Minimum, welches sich bei 21 Umdrehungen zeigt, bleibt alsdann für jede beliebig grosse Geschwindigkeit.

Da nun alle beobachteten Thatsachen mit einander übereinstimmen, so schlossen die Physiker, dass sie das bei 21 Umdrehungen erhaltene Minimum der Ablenkung als Nullpunkt betrachten könnten, d. h., dass sie annehmen könnten, 21 Umdrehungen in einer Sekunde reichten hin, um den Strom nur vom Anfange bis gerade zum Ende gelangen zu lassen.

Nach diesen Versuchen und den daraus gezogenen Schlüssen durchläuft dann also der elektrische Strom einen Draht von 41 Lieues Länge in dem Zeitraume von $^1/_{1100}$ Sekunden; was eine Geschwindigkeit von 45000 Lieues oder 24258 deutschen Meilen in der Sekunde betragen würde.

§ 8.

Gesetz der Fortpflanzung des Stromes in Telegraphendrähten.

1. Resultate der früheren Untersuchungen. Ueberblicken wir nun die Resultate sämmtlicher bisher besprochenen Untersuchungen, so ergiebt sich Folgendes:

	In einer Sekunde:		Gemessen:
Wheatstone	288000 engl. Ml.	=62458 deutsche Ml.	$^1/_2$ engl. Ml.
Walker	19500 „	= 4232 „	220 „
Mitchel	28524 „	= 6190 „	670 „
Fizeau u. Gounelle	100000 Kilom.	=13617 „	288 „
	180000 „	=24511 „	314 „
Gould	15890 engl. Ml.	= 3448 „	1042 „
Guillemin und Burnouf	45000 Lieues	=24258 „	112 „

Wir sehen die hier erhaltenen Zahlen so sehr differiren, dass ihr Verhältniss schwankt zwischen 7 und 125, und also die eine Untersuchung etwa eine 18 mal so grosse Zahl giebt als die andere. Und sehen wir auch von der mittelst der Reibungselektricität erhaltenen Zahl ab, so ergiebt sich immer noch der grösste Werth 9 mal so gross als der kleinste. Wenngleich nun bereits die vorangehenden Besprechungen aus den angegebenen Fehlerquellen Abweichungen erklären, so sind dieselben doch so gross, dass sie noch auf andere Ursachen, als auf die aus den Versuchsfehlern hervorgehenden, schliessen lassen. Man wird einfach zu der Frage geführt, ob nicht die Fortpflanzung des Stromes noch von anderen Umständen abhängig sei, als von denen, welche man bisher berücksichtigt hatte.

2. Beobachtungen an Unterseekabeln. Es ist vorn besprochen[1]), dass sowohl die unterseeischen, wie die unterirdischen Telegraphenleitungen grosse Leydner Flaschen darstellen, dass also dieselben sich laden wie eine solche Flasche. Durch diese Ladung wird nun die Geschwindigkeit der Fortpflanzung der Elektricität bedeutend verzögert, und Siemens sagt in Bezug darauf[2]): „Dass sich die Verzögerung verhält wie die Quadrate der Längen der Drähte, folgt schon aus der Betrachtung, dass die Zeit, welche nothwendig ist, um die in irgend einem Stücke des Drahtes zurückbleibende und zur Ladung desselben nach Maassgabe der ihm nach dem Ohm'schen Gesetze zukommenden „elektroskopischen Kraft“ verwendeten Elektricitätsmenge an Ort und Stelle zu schaffen, sich direkt wie die Elektricitätsmengen und umgekehrt wie der von ihr zu überwindende Widerstand verhalten muss. Da nun bei einem doppelt so langen Drahte sowohl die Quantität der in statische Anordnung übergehenden Elektricität, als auch der mittlere zu überwindende Widerstand doppelt so gross ist, so folgt daraus unmittelbar, dass die Ladungszeit, nach deren vollständigem Verlauf der Strom am Ende des Drahtes erst auftreten kann, viermal so gross werden, mithin im Verhältniss der Quadrate der Drahtlängen stehen muss.“

3. Ohm's Ansicht. Auch bei Leitungen durch die Luft treten Erscheinungen derselben Art, freilich in geringerem Maasse, auf, so dass auch hier eine Verzögerung der Fortpflanzung eintritt. Ohm vergleicht diese Verbreitung des Stromes mit der der Wärme in einem

[1]) Abschnitt III. § 4 No. 3. Pogg. Ann. 102 pag. 66.

linearen Leiter[1]). Dieser Ansicht schliesst sich Guillemin an, er hebt vor allen Dingen hervor[2]), dass die Gesetze der Ausbreitung der Elektricität streng in zwei Gruppen geschieden werden müssen: 1. in die, welche sich auf den permanenten und definitiven Zustand der Spannungen, oder des elektrischen Stromes in jedem Punkte des Leiters beziehen; 2. in die, welche sich auf den variablen und Uebergangs-Zustand der Spannung und des Stromes beziehen, der dem definitiven Zustande vorangeht. „Die Gesetze der elektrischen Ströme, welche sich auf den permanenten Zustand beziehen, sind experimentell festgestellt, sagt Guillemin, allein bis in die neueste Zeit sind keine Versuche angeführt, welche direkt nachwiesen, dass die Elektricität in den Körpern sich in der Weise der Wärme, wie Ohm angenommen hatte, verbreite. Neuerdings hat Gaugain die Gesetze für schlechte und mittelmässige Leiter festgestellt, die man aus der Grundform, welche den variabeln Zustand der Spannung darstellt, herleiten kann."

4. Resultate. Guillemin selbst bestimmt nun die Gesetze für Leiter der Art, wie die Telegraphendrähte, und findet folgende Sätze:

1. „Der elektrische Strom verbreitet sich in den Telegraphendrähten nicht in der Weise der Lichtwellen in einem homogenen durchsichtigen Medium mit einer beständigen und gleichförmigen Geschwindigkeit; sondern er folgt einem Gesetze analog dem der Verbreitung der Wärme in einem Stabe, und die Idee Ohm's bewahrheitet sich."

2. „Wenn die Berührung zwischen Leiter und Säule hergestellt ist, so zeigt der elektrische Strom in den ersten Augenblicken eine abnehmende Intensität in dem Theile des Drahtes, welcher der Säule zunächst ist, und eine zunehmende in dem, welcher die Erde berührt. Diese Periode der veränderlichen Intensität der Spannung und des Stromes dauert nahezu 0,020″ für einen Draht von 570 Kilometer und 60 Bunsen'sche Elemente. Zu Ende dieses Zeitraums hören die Spannungen und der Strom auf zu variiren, und der dauernde Zustand, welcher dem veränderlichen folgt, stellt sich in derselben Zeit in allen Punkten des Drahtes her."

3. „Die Induction findet nur statt während des veränderlichen Zustandes des Stromes."

4. „Die Dauer des veränderlichen Zustandes, oder die Zeit, welche zur Herstellung des permanenten nöthig ist, wechselt für denselben

[1]) Ohm's galvanische Kette 1827 pag. 3. [2]) Annales de chim. et de phys. 60 pag. 386.

Draht, mit der Stärke der Säule; sie ist in dem Grade geringer, als die Spannung und Quantität der in einer gegebenen Zeit erzeugten Elektricität grösser sind. Die Grösse der Elemente ist gleichgültig, die Dauer des veränderlichen Zustandes nimmt nicht schneller ab, wenn man ihre Oberfläche vergrössert."

5. „Eine Ableitung des Poles der Säule zur Erde, die schlechte Isolation des Drahtes, seine grössere oder geringere Nähe an leitenden Körpern, eine der durch die Säule bewirkten Ladung entgegengesetzte Ladung vergrössern die Dauer des veränderlichen Zustandes. Die Art des Einflusses der Feuchtigkeit der Luft ist noch nicht hinreichend festgestellt."

6. „Die Ausbreitung des Stromes in einem isolirten Drahte, der einen metallischen Kreis bildet, folgt den früheren analogen Gesetzen, und die Dauer des veränderlichen Zustandes scheint dieselbe zu sein, als in dem Falle, wenn der Draht mit der Erde communicirt."

7. „Für eine gleiche Säule und Drähte von verschiedener Länge wachsen die Zahlen, die die Dauer des veränderlichen Zustandes ausdrücken, schneller als die der einfachen Länge der Drähte und langsamer als die Quadrate derselben Zahlen."

8. „Die Zeit, welche nöthig ist, um einen Draht von 570 Kilometer Länge zu laden, ist gleich derjenigen, welche nöthig ist, den permanenten Zustand herzustellen."

Unter den vorn bezeichneten Bedingungen gebraucht ein Draht, um sich zu entladen, fast die vierfache Zeit von der, die er zum Laden gebraucht. Diese elektrische Ladung zerstreut sich ziemlich schnell in die Atmosphäre.

Diese Resultate lassen in mancher Hinsicht Schlüsse auf die vorn besprochenen Untersuchungen zu. Wenngleich Abweichungen durch die schon bekannten Fehler hervorgerufen sind, so lässt sich doch im Allgemeinen erkennen, dass die Messungen um so grössere Geschwindigkeit ergeben, auf je kürzern Strecken die Geschwindigkeit gemessen worden. So finden z. B. Guillemin und Burnouf nach Wheatstone die grösste Geschwindigkeit und Gould die kleinste; erstere haben die kleinste, letzterer die grösste Strecke zur Messung angewandt. Siemens sagt in Bezug auf diese Resultate, zu denen er bereits früher gelangt ist[1]):

„Die angeführten Messungen der Geschwindigkeit der Elektricitätsverbreitung in Drähten haben nun die Summe der durch die La-

[1]) Pogg. Ann. 102 pag. 110.

dung und durch die Bewegungsgeschwindigkeit der Elektricität bedingten Zeitverluste gemessen, von denen der erstgenannte im Verhältniss der Quadrate, der zweite im einfachen Verhältnisse der Länge der benutzten Drähte steht. Es erklären sich hierdurch die grossen Verschiedenheiten der Zahlenangaben für die Geschwindigkeit. Sie mussten um so grösser ausfallen, je kürzer und dünner die Drähte waren, mit denen experimentirt wurde. Ausserdem ist es klar, dass die wirkliche Geschwindigkeit der Elektricität sehr viel grösser sein muss, als die gemessenen Werthe, vorausgesetzt natürlich die Richtigkeit der Messungen. Es scheint sogar wahrscheinlich, dass die beobachteten Zeitunterschiede nur der Ladung der Drähte zuzuschreiben sind."

„Da es nicht möglich ist, Leitungen herzustellen, bei welchen keine Flaschenladung stattfindet, so behandelt die Frage der Geschwindigkeit der Stromverbreitung stets nur einen ideellen Fall, dessen Bedingungen sich nie erfüllen lassen. Der einzige Fall, in welchem die elektrostatische Induction auf die Umgebungen eines Drahtes in der That verschwindend klein ist, ist der, wenn derselbe spiralförmig aufgewunden ist, es tritt dann aber dafür die elektrostatische Induction der ungleich elektrischen Windungen auf sich selbst, und ausserdem die elektrodynamische Induction auf, wodurch auch dieser Fall für Geschwindigkeitsmessungen unbrauchbar wird. Messungen der Bewegungsgeschwindigkeit der Elektricität selbst würden sich daher nur so ausführen lassen, dass man die Verzögerung des Stromes in verschiedenen Entfernungen von der Batterie misst, und aus der so gebildeten Reihe die Werthe für die Ladungszeit und die Geschwindigkeit der Elektricität ableitet."

Stimmen wir den hier von Siemens gemachten Schlüssen bei, so gelangen wir zu Resultaten, welche mit den von Guillemin erhaltenen in Uebereinstimmung sind, ohne dass jedoch eine Fortpflanzung der Elektricität nach Art der Wärme zugegeben wird. Es folgt aber ferner aus dem Gesagten, dass die Zeit der Fortpflanzung modificirt werden muss, je nachdem der eine oder der andere Posten der vorn genannten Summe überwiegt. Die Geschwindigkeit wird sich daher um so mehr dem einfachen Längenverhältnisse der Leitungen nähern, je weniger sie durch den Einfluss der Ladung verzögert wird, wogegen sie um so mehr mit dem Quadrate der Längen abnehmen muss, je mehr dieser Einfluss sich geltend macht.

B.
Störungen des Telegraphendienstes durch Elektricitätserscheinungen.

§ 9.
Atmosphärische Elektricität.

1. Ursachen des Einflusses der atmosphärischen Elektricität auf die Telegraphenleitungen. Aus den uns bekannten Ursachen eines elektrischen Stromes folgt, dass auch in den elektrischen Leitern, welche Behufs der Telegraphie über der Erdoberfläche isolirt sich hinziehen, ein elektrischer Strom entstehen muss, wenn in der Luft sich freie Elektricität befindet. Dieselbe Betrachtung der Ursachen lehrt auch, dass der Strom in den Leitungen auf zweifache Art entstehen kann, nämlich durch Leitung oder durch Induction.

Ist nämlich eine Wolke mit Elektricität geladen, so kann diese einerseits sowohl aus Entfernung, mittelst eines Funkens, als auch bei Berührung direkt ihre Elektricität dem Drahte mittheilen, andererseits muss dieselbe, wenn keiner der eben genannten Fälle eintritt, vertheilend auf die beiden Elektricitäten des Leitungsdrahtes wirken. Diese Vertheilung kann, wie wir später sehen werden, auf mannigfache Weise hervorgerufen werden.

2. Der Blitzschlag. Wie der Blitz die grossartigste und dabei heftigste Wirkung der in der Atmosphäre entwickelten Elektricität ist, so ist er auch einer Telegraphenleitung verderblicher als alle übrigen Erscheinungen. Wenn ein Blitz Leiter von beträchtlichem Durchmesser, wie die Spitzen der Blitzableiter, die Bajonette auf Posten stehender Soldaten u. dgl. m., zu schmelzen im Stande ist, so leuchtet ein, wie zerstörend er auf die Linienleitung und die damit verbundenen Apparate der Telegraphen wirken muss, deren Durchmesser doch gegen jene Körper nur gering ist.

Es bedarf keiner vielseitigen Beweise durch Anführung von Beispielen, dass Blitzschläge nicht allein lange Strecken der Leitung geschmolzen, sondern auch die Apparate auf den Stationen so zerstört

haben, dass sie durchweg durch neue ersetzt werden mussten, sobald dieser verheerenden elektrischen Wirkung nicht durch Einrichtungen und Instructionen über das Verhalten der Beamten bei herannahender Gefahr vorgebeugt worden war. Aber selbst wenn dies geschieht, kommen Fälle vor, in denen die elektromagnetischen Telegraphen durch den Blitz bedeutende Beschädigungen erleiden, weil die an die Blitzableiter der Telegraphen zu stellenden Anforderungen, wie wir später sehen werden, nie absolut erfüllt werden können.

Am wenigsten sind die Leitungen selbst gegen Blitzschläge zu schützen, obgleich Baumgartner versucht hat, dies durch Drähte zu bewirken, welche an bestimmten Tragsäulen befestigt mit ihrem unteren Ende in die Erde reichen, während sie mit dem oberen sich dem Liniendrahte an der Stelle, wo derselbe den Isolator verlässt, bis auf eine Entfernung von 1 bis 2^{mm} nähern.

„Schlägt der Blitz in den Leitungsdraht“, sagt Baumgartner [1]), „so läuft der elektrische Strom im Drahte oft auf eine sehr bedeutende Entfernung fort, oder er geht längs der hölzernen Stützen in die Erde. In letzterem Falle werden die Stützen meist beschädigt. So z. B. pflanzte sich die Wirkung eines am 17. August 1848 in Olmütz losgebrochenen Gewitters bis nach Triebitz, d. h. 10 Meilen weit fort, und ein im letzteren Orte mit der Drahtspannung beschäftigter Arbeiter erhielt beim Anfassen des Drahtes einen so starken Schlag, dass er einige Schritte zurücktaumelte, und an den Fingern, mit denen er den Draht gefasst hatte, einen Schmerz empfand, als hätte er einen sehr heissen Körper berührt. Zu dieser Zeit war in Triebitz der Himmel ganz heiter.“

„Am 9. Juli 1848 schlug der Blitz zwischen Kindberg und Krieglach in Steiermark in den Telegraphendraht und zerschmetterte drei hölzerne Tragsäulen, ohne jedoch den Leitungsdraht zu beschädigen.“

Dergleichen Beispiele giebt es sehr viele, welche zeigen, dass der Blitz nicht immer den besten Leiter verfolgt, sondern den nächsten Weg zur Erde wählt. Wäre dies immer der Fall, so könnte man als Grund dieser Erscheinung die Mächtigkeit des Funkens angeben; allein in anderen Fällen bewegt sich dieser Funke weite Strecken auf dem Drahte entlang, wovon bereits Beispiele angeführt sind, und schmilzt diesen, bis eine andere Ursache, meist bessere Leitung, ihn zum grossen Theile zur Erde abführt, während ein anderer Theil auf dem Drahte, ohne diesen zu schmelzen, weiter bis zur Station geht, und daselbst immer noch zerstörend wirkt.

[1]) Pogg. Ann. 76 pag. 139.

Die vorn erwähnten Ableiter an einzelnen Stangen haben sich in vielen Fällen ohne Erfolg gezeigt, wahrscheinlich weil sie zu dünn gewesen; „Am 19. Juli“, sagt Baumgartner, „Nachmittag 2 Uhr traf der Blitz die Telegraphenleitung in der Nähe von Kindberg, auf der südlichen Staatsbahn, und richtete an den Tragsäulen eine grosse Verwüstung an. Drei dieser Säulen mussten sogleich ausgewechselt werden, zwölf andere waren wohl noch diensttauglich, hatten aber starke Beschädigungen erhalten. Zwei Beamte, welche unter dem Vordache des Aufnahmegebäudes zu Kindberg standen, bemerkten an einer der Säulen, die zerschmettert wurden, und die volle fünf Klafter von ihnen entfernt stand, an dem Ableiter einen Feuerbüschel und vernahmen einen Schall, als würde ein Zündhütchen abgebrannt. Am Telegraphendrahte wurde keine Beschädigung wahrgenommen, aber die Spitzen der Ableiter waren überall abgeschmolzen.

In einzelnen Fällen zeigten sich die Ableiter zwar an der einen Säule, an der sie sich verbanden, nicht wirkungslos, waren aber ebenfalls abgeschmolzen. Eine elektrische Entladung in der Nähe von Bruck an der Mur nämlich zersplitterte drei Säulen, und beschädigte mehr oder weniger siebzehn andere. Der Ableiter einer Säule, die selbst unbeschädigt blieb, war an der Spitze dermassen abgeschmolzen, dass das Porzellan des Isolators einen schillernden Kupferüberzug zeigte. Auch der Ableiter einer nahe drei Meilen weit entfernten, bei Marein, und der einer anderen bei Mixnitz stehenden Säule waren abgeschmolzen und in's Porzellan eingebrannt.

Im April des folgenden Jahres (1849) fand man alle an den Trägern des Telegraphendrahtes über den Sömmering angebrachten Ableiter mit dem Ende an den Isolator angeschmolzen.

Als Eigenthümlichkeit bei der Zerstörung der Tragsäulen durch Blitzschläge führt Casselmann an[1]), dass fast alle Stangen der Telegraphenlinie sich nach diesem Gewitter in der Richtung von Ost nach Süd in der Erde mehr oder weniger gedreht zeigten, so dass die Kappen oder kleinen Blechdächer an ihrer Spitze, welche früher mit ihrer Kante sämmtlich parallel mit der Bahn gestanden hatten, darauf mit dieser einen Winkel machten, der 15° und in der Nähe der Stelle, wo die übrigen Stangen zerschmettert waren, bis zu 90° betrug.

Dass die durch den Blitz in den Stangen ausgesplitterten Stellen immer in einer in mehrfachen Windungen um die Säule gehenden Spirallinie liefen, will Baumgartner nicht als mit der oben genannten Er-

[1]) Pogg. Ann. 73 pag. 611.

scheinung in Beziehung ansehen. Er sagt nämlich[1]: „Es bestehen diese Säulen aus Lerchenholz, das beim Austrocknen eine starke Neigung zeigt, sich in schraubenförmigen Windungen zu drehen. In der Richtung, nach welcher diese Drehung beim Trocknen erfolgt, lief auch die ausgesplitterte Spirale herum, so dass diese Erscheinung in der mechanischen Anordnung und Verbindung der Holzfaser ihren Grund zu haben scheint."

Was den Kupferdraht betrifft, so wird derselbe nicht immer geschmolzen, sondern zuweilen auch dadurch unbrauchbar, dass er in Stücke zerfällt. So zeigte sich derselbe, als in der Nacht vom 18. zum 19. Mai 1854 sich auf der piemontesischen Linie, wie Magrini berichtet[2]), von der Meierei di Vittuone bis zur Meierei Pobbia ein Gewitter entlud, auf einer Länge von 70 Metern in kleine Stücke verwandelt, von denen einige an den Enden Spuren von Schmelzung zeigten, andere dagegen nur wie zerrissen aussahen.

In den Apparaten zeigt sich trotz mancher angewandten Vorsicht doch oft grosse Zerstörung. Während der Blitz die eben genannte Zerstörung des Drahtes bewirkte, sprang auf der Station zu Mailand ein starker Funken mit lautem Getöse in dem Apparate zum Umschalten der Linien über, und liess dort eine noch sichtbare Spur von Schmelzung an dem Metallstreifen zurück, welcher dazu dient, mittelst eines eingesetzten Stöpsels die piemontesische Linie mit der Localbatterie in Verbindung zu setzen. Diese Verbindung war damals unterbrochen.

„Sechzehn bis siebzehn Stunden später", fährt Magrini fort, „zeigte sich ein Gewitter in Verona. Jede Station ist verpflichtet den übrigen Stationen die Nachricht von dem Herannahen des Meteors mitzutheilen, damit die Verbindung der Apparate unterbrochen, und die Spiralen der Multiplicatoren und der Elektromagnete vor den zerstörenden Wirkungen der Entladung gesichert werden. Aber das Signal kam zu spät; plötzlich trat der elektrische Strom ein und zerstörte ein Relais auf der Station zu Brescia, zwei für den Gebrauch der Eisenbahn bestimmte Bain'sche Apparate, den einen auf der Station zu Treviglio, den anderen auf der zu Porta Tosa, und noch ein Relais auf der Station zu Mailand. Der Ingenieur Herr Bauen auf der Station zu Treviglio versichert mir, dass, während das Gewitter auf den fernen Bergen wüthete, die Entladung in dem Apparate von einem blendenden Lichte und einem heftigen Knalle begleitet war. Die Spirale des Multiplicators war mehrfach zerrissen,

[1]) Pogg. Ann. 76 pag. 142; Dingler's Journal 111 pag. 418. [2]) Brix Journal I pag. 243.

und zwei Flecken mit Andeutung von Schmelzung zeigten sich auf der Metallscheibe, welche der Spindel als Basis dient und den Rand der Umwindungen der Magnetnadel bildet, während die Polarität der letzteren zerstört war."

„Aus den Mittheilungen des Ingenieurs Herrn Nebbia auf der Station zu Porta Tosa habe ich ferner erfahren, dass die Entladung an dem Apparate dieser Station ganz ähnliche Wirkungen hervorbrachte, und dass der assistirende Ingenieur Herr Bertolotti einen sehr heftigen Schlag erhielt, als er gerade im Begriff war, die Verbindung des Apparates mit der Drahtleitung zu unterbrechen."

Bevor wir von den Wirkungen direkter Blitzschläge zu den Ladungs- und Inductionsserscheinungen übergehen, müssen wir noch einer Beobachtung Casselmann's erwähnen[1]). Er sagt: „Man hat an dem elektromagnetischen Telegraphen der Taunus-Eisenbahn schon seit Jahren bemerkt, dass sich während eines sehr nahen Gewitters der Zeiger des Zifferblattes, aber nur bei einem Blitz, in Bewegung setzt und oft um mehrere, zwei, vier, ja sechs Buchstaben fortrückt. Dieses Faktum ist schon an und für sich von hohem Interesse, denn, da ein solches Fortrücken des Zeigers nur durch mehrere nach einander den Telegraphendraht durchlaufende Ströme hervorgebracht werden kann, so zeigt sich hier, dass, was uns als ein Blitz erscheint, oft eine grössere Reihe nach einander stattfindender elektrischer Ausgleichungen ist, eine Thatsache, welche für die Erklärung der Zickzackform des Blitzes und der Variationen in der Stärke des Donners vielleicht von Wichtigkeit sein kann."

3. Wirkungen des Blitzes durch Vertheilung. Die soeben aufgeführten Beispiele mächtiger Elektricitätsentladungen sind als Wirkungen von Blitzschlägen betrachtet worden, d. h. als Entladungen einer mit bestimmter Elektricität geladenen Wolke, wie wir sie unter den gewöhnlichen Umständen beim Gewitter kennen. Allein es ist durchaus nicht nothwendig, dass dies hier der Fall ist, denn die Umstände sind bei einer Telegraphenleitung andere als die gewöhnlichen. Alle Dinge auf der Erdoberfläche sind nämlich mit dieser in leitender Verbindung, und in diesem Falle kann nicht anders ein Blitzschlag entstehen, als dass derselbe entweder von der Wolke zur Erde, oder von der Erde zur Wolke fährt, was in den Wirkungen dasselbe ist.

Eine Telegraphenleitung dagegen ist ein absichtlich, und mit möglichster Sorgfalt von der Erde isolirter Körper. In diesem muss nun durch

[1]) Pogg. Ann. 73 pag. 609; Dingler 111 pag. 418.

Vertheilung, wenn über demselben eine stark geladene Wolke sich befindet, ebenfalls Elektricität von bedeutender Spannung angesammelt werden. Entladet sich nun die Wolke durch Blitze, welche gar nicht die Telegraphenleitung treffen, so wird die zuvor im Drahte gebunden gewesene Elektricität frei, und entladet sich ihrerseits auf dem Drahte, indem sie entweder an den Stangen zur Erde fährt, oder, wenn diese nicht genügende Leitungsfähigkeit besitzen, ihren Weg durch die Apparate auf den Stationen nimmt.

Es fragt sich, ob auf diesem Wege so grosse Mengen von Elektricität gebunden werden, dass dadurch so heftige Erscheinungen zu Stande kommen können, wie die soeben beschriebenen. Ist dies aber nicht der Fall, so muss nach anderen Gründen geforscht werden, welche besonders die hier folgenden Erscheinungen zu Wege gebracht haben können.

„Auf der Taunusbahn waren", wie Casselmann berichtet[1]), „bereits im Jahre 1848 auf allen Stationen Vorrichtungen getroffen, um während eines Gewitters den Apparat von dem Leitungsdrahte abzuschliessen. Dieselben bestanden in einem kurzen Kupferdrahte, welcher bei Annäherung eines Gewitters mit seinem einen Ende an einer vor dem Telegraphen liegenden Stelle des allgemeinen Leitungsdrahtes und mit seinem anderen an einer hinter demselben liegenden Stelle beiderorts durch eine Klemmschraube befestigt wurde, durch welchen nun mit Umgehung des um den Anker des Telegraphen gelegten dünneren (etwa $^1/_2$ Millim. im Durchmesser haltenden) und längern Drahtes jeder atmosphärisch-elektrische Strom sich entladen sollte. Auf den meisten Stationen war diese Nebenschliessung so dick wie der allgemeine Leitungsdraht (etwa eine halbe Linie Durchmesser), bisweilen dagegen so dünn, wie die Spirale des Ankers, und lag gewöhnlich ihrer ganzen Länge nach auf dem hölzernen Kasten, der den Apparat umschliesst. Man hatte früher wenig Furcht gehegt, dass einmal durch die Telegraphendrähte starke Blitzschläge fortgeleitet werden würden, und hatte sie daher, wo sie in die Stationshäuser eintraten, an den Wänden entlang geführt, ohne eine Vorrichtung zu treffen, um während eines Gewitters die durch die Gebäude gehende Drahtmasse von der übrigen, neben der ganzen Bahn herlaufenden trennen und vielleicht für sich mit dem Boden in leitende Verbindung setzen zu können. Neuerdings ist man jedoch im Begriff, eine Einrichtung der Art anzubringen, besonders wohl durch die Erfahrung vom 19. Juli des Jahres (1847) dazu veranlasst."

[1]) Pogg. Ann. 73 pag. 609.

„An diesem Tage nämlich entlud sich in der Nähe von Höchst und Frankfurt gegen Abend ein starkes Gewitter mit heftigen Regengüssen. Als es heranzog, befanden sich mehrere Beamte der Taunusbahn in dem Zimmer des Stationshauses zu Frankfurt, in welchem der Telegraph steht. Letzteren hatte man kurz zuvor auf die oben beschriebene Weise mittelst eines Kupferdrahtes der dünneren Sorte abgeschlossen, als der erste heftige Schlag sich entlud, und zwar Blitz und Donner gleichzeitig wahrgenommen wurden. In demselben Augenblicke gewahrte ein Beamter, dass der Telegraph in Thätigkeit sei, und er hatte nicht Zeit, demselben sich zu nähern, um zu untersuchen, ob die Ausschliessung etwa nicht vollkommen vollbracht sei, als dicht am Telegraphen aus einer Winkelbiegung des Drahtes ein armdicker, 0,6 — 1^m langer, blauer Feuerstrahl mit einem Pistolenschuss ähnlichen Knalle heraussprang. Dasselbe Phänomen wiederholte sich bei mehreren der folgenden Schläge. Der dünne Nebenschliessungsdraht war an der Stelle, wo er an der Hauptleitung befestigt war, abgeschmolzen, und zwar zeigte sein Ende die vollendetste Schmelzung."

Wenn in diesem Falle Blitz und Donner gleichzeitig wahrgenommen wurden, so ist das ein Beweis, dass die Entladung ganz in der Nähe stattgefunden hatte; man hätte also auch auf der Station in demselben Momente einen nur so kurze Zeit dauernden, aber sehr heftigen Einfluss wahrnehmen können, dass man während desselben nicht erst Entschliessungen zum Auslösen des Apparates hätte fassen, oder ein Arbeiten desselben beobachten können. Man sagt mit Recht: „Derjenige, welcher vom Blitz erschlagen wird, hört den Donner nicht." Beobachteten also die Beamten nach dem Blitze noch ein Arbeiten des Apparates, so musste dies eine andere Ursache als den direkten Einfluss des Blitzes haben, und die erst darnach ausbrechende Entladung konnte nicht identisch mit dem Blitze sein.

Diese Vorgänge lassen sich nun aus den vorn angegebenen Gründen erklären, und der Berichterstatter führt diese Gründe noch umständlicher aus, indem er sagt[1]: „Es sind alle diese Erscheinungen wohl kaum anders zu erklären, als dass man annimmt, eine zwischen Frankfurt und Höchst längere Zeit befindlich gewesene Wolke habe in dem Telegraphendrahte unter sich allmälig eine grosse Menge Elektricität durch Vertheilung erregt und in dem zunächstliegenden Theile desselben festgehalten, letztere sei aber, als die Elektricität der Wolke sich mit der von ihr vielleicht auf dieselbe Weise (?) erzeugten Elektricität einer

[1]) Pogg. Ann. 73 pag. 611.

anderen Wolke durch den Blitz vereinigte, von dem Drahte und dessen Stangen in der ganzen Bahnlänge in den Boden abgeleitet worden. Die grösste Masse derselben wählte sich dabei den besten und kürzesten Leiter, nämlich die nächsten kurzen und nassen Stangen zum Wege aus, eine geringere Menge fuhr durch den etwa 1 Stunde langen Kupferdraht und dessen Pfähle, während eine noch geringere Menge sich mit immer abnehmender Stärke durch den Draht und dessen Pfähle bis nach Hochheim durch die Erde fortpflanzte."

Ausser diesen Erscheinungen, welche durch die Entladung einer Wolke herbeigeführt sind, werden nun noch viele andere beobachtet, die zwar weniger zerstörend auf die Apparate wirken, aber doch sehr störend für den Dienst sind. Zunächst liegt es nahe, dass in dem Falle, wo eine Ladung der eben beschriebenen Art, mithin eine Zersetzung der beiden Elektricitäten des Drahtes stattfindet, die der Wolke gleiche Elektricität auf dem Drahte abgeleitet werden muss. Es muss also schon vor der Entladung durch den Blitz, bei der Annäherung oder Bildung der elektrischen Wolke, ein Strom auf der Drahtleitung stattgefunden haben, der zwar viel schwächer und dem bei der Entladung entgegengesetzt sein muss, der aber viel dauernder als jener ist, weil ja die Ladung des Drahtes allmälig geschehen kann und auch wohl muss. Die Folge dieser Wirkung muss sein, dass von dem Orte auf der Drahtleitung, über dem die ladende Wolke sich befindet, nach beiden Seiten hin Elektricität desselben Zeichens abströmt. Dieser Strom muss sich dann auf beiden Stationen bemerklich machen, wie wenn von beiden Nachbarstationen telegraphirt würde, wenn er kräftig genug ist, um die Apparate in Bewegung zu setzen. Wird zu gleicher Zeit telegraphirt, so kann man den Linienstrom stärker oder schwächer werden sehen, je nachdem der von der atmosphärischen Elektricität erregte Strom jenem gleich oder entgegengesetzt gerichtet ist; und es kommt dann vor, dass bei dem Morse'schen Telegraphen die Zeichen sich in der Weise umkehren, dass die Zwischenräume der Schrift sich als Striche oder Punkte, dagegen diese sich als Zwischenräume markirt haben. Für diesen Fall war der atmosphärische Strom sehr constant, und etwa eben so stark, als der ihm entgegengesetzte galvanische Linienstrom, so dass der erstere das Relais constant geschlossen hielt, und letzterer bei seinem Auftreten es immer intermittirend unterbrach.

4. Wirkungen durch Leitung und Induction. Aus den bisher besprochenen, durch atmosphärische Elektricität hervorgerufenen elektrischen Strömen, welche auf der Ladung beruhen, giebt es noch

andere, deren einer nichts als einfache Leitung ist, während die übrigen sich ebenfalls auf die Ladung gründen. Alle die jetzt noch zu besprechenden Wirkungen sind gegen die bisher beschriebenen nur schwach, die meisten derselben werden mit den gewöhnlichen Galvanometern gar nicht wahrgenommen. Bei den fast immer vorhandenen Ursachen der Elektricitätserregung in der Atmosphäre wäre es jedoch zu verwundern, wenn nicht ein über der Erdoberfläche hin gespannter isolirter Leiter elektrische Ströme zeigen sollte. Auf Baumgartner's Veranlassung mit empfindlicheren Apparaten angestellte Beobachtungen zeigten nun [1]), dass die Telegraphenleitungen fast immerwährend von Strömen durchflossen werden. Die schwächeren Ströme treten häufiger und regelmässiger auf als die stärkeren. So wurde auf der Leitung von Wien nach dem höher gelegenen Sömmering fast regelmässig ein Strom bemerkt, welcher am Tage von Wien ausging, während er bei Nacht die umgekehrte Richtung hatte. Das fast regelmässige Auftreten dieser Erscheinung lässt schliessen, dass die Ursache der Elektricität im Ganzen auch dieselbe sei, und dass, da Gewitter so regelmässig nicht entstehen, der Strom einfach durch eine an den in verschiedener Höhe gelegenen Punkten durch Temperaturdifferenz hervorgerufenen Ansammlung von Elektricität entstanden sei, welche der Draht ableitet.

Den genannten Beobachtungen fügt Baumgartner noch die Bemerkung hinzu, dass bei trockener Luft und heiterem Himmel dieser genannte Strom regelmässiger ist, als bei kühler Zeit und regnerischem Wetter, was die eben angeführte Ansicht von einer einfachen Ableitung angesammelter Elektricität noch bestätigt.

Nach unserer Kenntniss von der Stromerregung muss ausser diesen noch eine andere Ursache vorhanden sein, welche in der Bewegung elektrischer Wolken beruht. Wir hatten bei der Besprechung der Ladung des Drahtes durch eine elektrische Wolke angenommen, die Wolke wäre in Ruhe. Denken wir nun dieselbe bewegt, so müssen dadurch die bereits besprochenen Erscheinungen in gewissem Grade abgeändert werden.

Baumgartner sagt [2]): „Ziehen Gewitterwolken, wenn auch in bedeutender Entfernung längs der Telegraphenlinie hin, so wird der Zeiger des Inductors bleibend abgelenkt. Die Richtung dieser Ablenkung ist verschieden nach Maassgabe des elektrischen Charakters der Wolke und der Richtung, welche ihre Bewegung in Bezug auf den Leiter befolgt. Nähert sich die Wolke der Telegraphenstation, so

[1]) Pogg. Ann. 76 pag. 136. [2]) Pogg. Ann. 76 pag. 139.

dauert die Ablenkung des Zeigers so lange, als diese Annäherung besteht; sobald aber die Wolke anfängt, sich wieder zu entfernen, geht auch die Ablenkung in die entgegengesetzte über."

Durch die vorn gegebene Erklärung über die Ladung des Drahtes sind die hier gegebenen Erscheinungen ebenfalls klar, und wir haben nur noch hinzuzufügen, dass nach der Erklärung durch die Ladung entsprechende Erscheinungen für den Fall auftreten müssen, in welchem die elektrische Wolke nicht längs der Telegraphenlinie hin, sondern quer über dieselbe hinwegzieht. Auch in diesem Falle muss, so lange die Wolke sich nähert, ein Strom entstehen, welcher dem entgegengesetzt ist, der den Draht durchströmt, wenn die Wolke über die Leitung hinweg ist, und sich also wieder entfernt. In der ersten Periode fliesst auf dem Drahte die Elektricität desselben Zeichens, wie in der Wolke ab, weil die entgegengesetzte gebunden wird, wohingegen bei der Entferung die zuvor gebundene wieder frei wird und nun ihrerseits abfliesst.

Es bedarf wohl kaum einer Erwähnung, dass zuweilen, ja vielleicht in den meisten Fällen, mehrere der genannten Ursachen zusammenwirken, so dass es dann unmöglich wird, dieselben zu erkennen, da man ja nicht zu beurtheilen im Stande ist, mit welcher Intensität die Wirkung der einen oder anderen Ursache im Augenblicke auftritt.

Fassen wir das, was über die Störungen durch atmosphärische Elektricität gesagt worden ist zusammen, so gelangen wir zu folgendem Resultat.

In einer oberirdischen Telegraphenleitung kann durch atmosphärische Elektricität direkt oder indirekt, d. h. durch Leitung oder durch Vertheilung — Induction — ein Strom entstehen. In beiden Fällen kann derselbe entweder durch einen Blitzschlag, oder durch blosse Ansammlung von Elektricität hervorgerufen werden. Die vier Ursachen der Ströme sind also:

1. der Blitz schlägt direkt in eine Telegraphenleitung;
2. eine elektrische Ansammlung kommt direkt mit einer Leitung in Berührung und wird durch diese abgeleitet;
3. eine Wolke entladet sich in der Nähe einer Leitung durch einen Blitz, und in Folge dessen entladet sich der durch die Wolke zuvor geladene Draht;
4. die durch eine Wolke bei der Ladung und Entladung durch Annäherung oder Entfernung der Wolke frei werdende Elektricität strömt auf dem Drahte ab.

§ 10.
Das Nordlicht.

1. Die Erscheinungen. Ausser den Störungen des Telegraphendienstes, deren Ursache in der Atmosphäre angesammelte Elektricität ist, und die nur in oberirdischen Leitungen vorkommen, treten noch andere, sowohl in ober- als unterirdischen und unterseeischen Leitungen auf, deren Erklärung bis jetzt viel weniger möglich ist, als die der vorgenannten, theils weil dieselben seltener sind, theils weil die direkten Ursachen sich viel mehr, wenn nicht ganz, unserer Beobachtung entziehen.

Störungen dieser Art zeigten sich in besonders ausgedehntem Maassstabe vom 28. Aug. bis 4. Sept. des Jahres 1859 und ergaben sich als im Zusammenhange mit den gleichzeitigen Erscheinungen eines sehr weit ausgedehnten Nordlichts. Die erhaltenen Mittheilungen über die in dieser Zeit wahrgenommenen Störungen, so wie die Erforschung der Ursachen derselben, sind von Brix in umfassender Weise zusammengestellt[1]). Wir folgen der von ihm gegebenen Darstellung.

In der Nacht vom 28. auf den 29. Aug. 1859 wurde an vielen Orten ein sehr intensives Nordlicht beobachtet, und gleichzeitig nicht nur durch ganz Europa, sondern fast auf allen telegraphischen Linien die Correspondenz unterbrochen. In Berlin machte sich das Nordlicht am stärksten zwischen 1 und 2 Uhr früh bemerkbar, wo auch jede Verbindung mit den westlich gelegenen Stationen aufhörte, nachdem schon früher die Correspondenz mit den östlichen gestockt hatte.

Von den meisten Stationen wurden die sich an den Apparaten zeigenden Wirkungen im ersten Augenblicke als Gewitterstörungen bezeichnet, da sich, wie bei diesen, ein rasch auf einander folgendes Anziehen und Loslassen der Elektromagnetanker zeigte. Diese Stationen brachten daher die Apparate aus der Leitung, während andere an dem Schwanken der Magnetnadel bemerkten, dass hier andere Verhältnisse obwalten müssten. Die Nadeln der aufrecht stehenden Galvanometer schlugen je nach ihrer Empfindlichkeit 30° bis 70° heftig aus, ohne dass ihre Windungen mit der Leitung verbunden waren, gingen dann in langsamer Bewegung auf 0 zurück und eben so viel Grade in derselben langsamen Bewegung nach der entgegengesetzten Seite. Während dieser Zeit waren die Anker der Relais so fest angezogen, dass selbst

[1]) Brix Journal VI. pag. 250.

bei Höherstellung der Contakte und vollständiger Anspannung der Federn die Wirkung nicht aufgehoben werden konnte.

Dieselben Erscheinungen traten am Morgen des 2. Sept. in weit stärkerem Maasse ein und wurden um so eher bemerkt, als gegen 7 Uhr mit wenigen Ausnahmen alle Telegraphenstationen in Dienst kommen. Es zeigten sich in allen Richtungen und auf allen Leitungen gleichzeitig starke elektrische Störungen von mehr oder minder langer Dauer, von 5 bis 40 Minuten, zwischen denen mit einzelnen Stationen, namentlich mit näher gelegenen, momentan eine Verständigung möglich wurde. Gegen 10 Uhr hin nahmen die Wirkungen ab, verstärkten sich aber wieder zwischen 2 und 4 Uhr Nachmittags, ohne jedoch die Stärke wie am Morgen zu erreichen.

Diese Störungen erstreckten sich mehr oder minder stark auf die russischen Linien, auf das ganze Gebiet des Telegraphenvereins, auf Norwegen, Schweden, Grossbrittannien, Belgien, Frankreich, die Schweiz und Oberitalien; ebenso wurden von Nordamerika diese Störungen berichtet, wo man zu Quebeck und Montreal am 28. Aug. eine Depesche von 400 Worten nur mit grosser Mühe von Abends 8 Uhr bis 1 Uhr des folgenden Morgens befördern konnte.

Wir sehen also diese Erscheinungen über die ganze nördliche Halbkugel der Erde verbreitet, auch wird in allen Nachrichten die Gleichzeitigkeit derselben mit dem Nordlichte und das Zusammentreffen der Zu- und Abnahme der Störungen mit den verschiedenen Stadien des Nordlichtes hervorgehoben. Die Nachrichten aus Amerika bestätigen ferner die Erscheinungen des Nordlichtes zu Zeiten, in denen man dasselbe in Europa wegen der Tageshelle nicht beobachten konnte.

Gleichzeitig zeigten sich mit den bisher genannten Erscheinungen Aenderungen des Erdmagnetismus. Während nämlich beim gewöhnlichen Verlauf die Magnetnadel täglich sich wiederholende Schwankungen der Deklination und Inklination zeigt, erlitten diese Variationen während des Nordlichtes erhebliche Störungen. Die diese Variationen darstellenden Curven sind dann nicht, wie gewöhnlich, allmälig ansteigende und absteigende Linien, sondern sie erscheinen vielfach und unregelmässig gezackt, und zeigen dadurch plötzliche Aenderungen des Erdmagnetismus bald im einen, bald im anderen Sinne an. A. v. Humboldt hat aus diesem Grunde das Nordlicht ein magnetisches Gewitter genannt.

2. Ursache der Ströme in den Telegraphendrähten. Aus Gleichzeitigkeit der Nordlichterscheinungen und der damit verbundenen magnetischen Störungen mit den in den ober- und unterirdischen Tele-

graphenleitungen beobachteten Strömen scheint der Zusammenhang sämmtlicher Erscheinungen unter einander unzweifelhaft geschlossen werden zu müssen. Um jedoch später vorkommenden ähnlichen Störungen mit Erfolg vorbeugen zu können, ist es nöthig, die nächste Ursache der in den Telegraphendrähten vorhandenen Ströme zu kennen. Wir haben vorn die möglichen Ursachen besprochen, welche beim Gewitter elektrische Ströme in den Leitungen bewirken können; wegen der geringen Kenntniss des Nordlichtes ist uns bis jetzt dies bei den eben besprochenen Störungen noch nicht möglich, obgleich die mannigfachen Beobachtungen bei den neuesten Erscheinungen doch bereits einige Punkte festgestellt zu haben scheinen.

Die Ursachen der beobachteten Ströme können möglicherweise sein:

1. Luftelektricität,
2. Inductionsströme, durch den Erdmagnetismus oder durch Erdströme hervorgerufen,
3. Zweigströme der Erdströme.

3. Elektricität der Atmosphäre. Ob während eines Nordlichtes die Atmosphäre ungewöhnliche elektrische Erscheinungen darbiete, oder nicht, ist bekanntlich eine viel erörterte, aber immer noch unentschiedene Frage. Einige Beobachter bejahen dieselbe, andere dagegen haben bei zahlreichen und sorgsamen, besonders auf diesen Punkt gerichteten Beobachtungen keine ungewöhnliche Luftelektricität wahrgenommen. Keinesfalls aber scheint dieselbe während eines Nordlichtes so stark zu sein, dass sie Erscheinungen der hier vorliegenden Art hervorbringen könnte. Während der hier besprochenen Zeit ist nirgend eine besonders starke Luftelektricität bemerkt worden. Poey theilt mit, dass ein sehr empfindliches Elektrometer vollkommen in Ruhe geblieben ist, und Matteucci und de la Rive machen speciell darauf aufmerksam, dass ein Leuchten der Kirchthurm- oder Blitzableiter-Spitzen, wie es sich bei starker elektrischer Spannung in der Luft zu zeigen pflege, nirgend beobachtet worden sei.

Einige Experimente, welche neuerdings während der Störungen gemacht worden sind, zeigen überdies unzweifelhaft, dass die beobachteten Ströme nicht von atmosphärischer Elektricität herrühren. Während nämlich bei einem Gewitter aus den bereits vorn angegebenen Gründen ein Strom in einem Drahte stattfindet, wenn derselbe an einem Ende isolirt und am anderen zur Erde abgeführt ist, hörte in mehreren Drähten der störende Strom sofort auf, wenn das eine Ende derselben isolirt wurde, während er in den daneben gespannten nicht isolirten

Drähten fortdauerte, und stellte sich auch wieder ein, wenn die Drähte mit der Erde verbunden wurden. Obgleich man daher wie bei Gewittern Funken an den Telegraphen-Blitzableitern und anderen Apparattheilen wahrgenommen, und auch heftige Schläge erhalten hat, so muss man doch aus dem eben Gesagten schliessen, dass die störenden Ströme nicht atmosphärischen Ursprungs sind. Die Funken beweisen nur, dass die Ströme zeitweise hohe Spannung besessen, und dass dies in der That der Fall war, beweisen besonders die Beobachtungen, dass sehr kräftige Batterieen von 100 Elementen, wie Post sie einschaltete[1]), und wie auch an anderen Orten beobachtet ist, den Stand der Nadel nicht zu ändern vermochten. Es war also, als wenn der Strom der Batterie gar nicht zur Wirksamkeit käme, oder als ob er gegen die anderen Ströme unendlich klein wäre.

4. Inductionsströme. Wir wissen, dass durch das Entstehen und Verschwinden des Magnetismus in einem in der Nähe befindlichen Leiter Inductionsströme erzeugt werden, und man hat die Ströme in den Drähten deshalb aus der Variation des Erdmagnetismus erklären wollen; allein einerseits sind diese magnetischen Einflüsse keineswegs so stark, dass Ströme von so grosser Intensität erzeugt werden könnten, andererseits müssten auch die Ströme viel weniger dauernd sein, als sie sich gezeigt haben, wenn sie durch das Schwanken des Erdmagnetismus erzeugt sein sollten.

Siemens sagt über die Stärke etwa vorhandener Inductionsströme Folgendes: „Die durch Veränderung der Intensität des Erdmagnetismus in den Leitungsdrähten inducirten Ströme haben sich früher bei oberirdischen Leitungen, der durch atmosphärische Elektricität in ihnen erzeugten heftigeren Ströme wegen, der Beobachtung entzogen. Bei den unterirdischen Leitungen beobachtet man sehr häufig schwache Ströme in wechselnder Richtung, deren Entstehen sich nicht gut anders als durch magnetische Induction erklären lässt. Je mehr die Richtung der Leitung sich der Senkrechten auf dem magnetischen Meridian nähert, desto stärker sind in der Regel diese Ströme.“ Solche von Siemens bereits im Jahre 1848 beobachteten Ströme auf der Linie von Berlin nach Cöthen lenkten die Nadel von 15^0 nach der einen, bis zu 11^0 nach der andern Seite ab, und wechselten innerhalb $1^3/_4$ Stunden 7 mal ihr Zeichen. Dies geschah zuweilen so schnell hinter einander, dass z. B.

[1]) Brix Journal VI. pag. 251.

um 3 Uhr 49 Min. 10° nach links, 3 Uhr 54 Min. 11° nach rechts, und 3 Uhr 59 Min. wieder 15° nach links abgelenkt wurde.

Dieselben Gründe, welche gegen Magneto-Induction angegeben sind, sprechen auch gegen die Annahme, dass elektrische Ströme in der Luft den Drähten solche inducirt haben, wie das wohl von einigen angenommen worden ist[1]. Es ist in beiden Fällen immer zu bedenken, dass ein dauernd unterhaltener Inductionsstrom nur in dem Wachsen oder Abnehmen des inducirenden seinen Grund haben kann.

5. Erdströme. Eine der wichtigsten Beobachtungen, welche wohl möglicher Weise auf Inductionsströme schliessen lassen konnte, besteht darin, dass die Correspondenz sogleich wieder hergestellt war, wenn man, anstatt auf beiden Stationen die Leitung zur Erde abzuführen, dieselbe mit einer zweiten vorhandenen verband und also den Strom auf einem Drahte hin und auf dem anderen zurückführte[2]. Dies musste zwar stattfinden, wenn Inductionsströme vorhanden waren, allein auch dann, wenn elektrische Ströme in der Erdoberfläche existirten. Da nun die beträchtliche Dauer, wie die grosse Intensität der unter Umständen in den Drähten wahrgenommenen Ströme, gegen eine Inductionswirkung sprechen, so lassen diese Erscheinungen auf starke elektrische Strömungen in der Erdoberfläche schliessen, welche dann natürlich sich auch in die am Anfang und Ende zur Erde abgeleiteten Drähte fortpflanzen, und sogleich aufgehoben werden mussten, sobald eine dieser Ableitungen aufgehoben ward. Aus dieser Annahme lassen sich denn auch die oben von Siemens für Magneto-Inductionsströme gehaltenen Erscheinungen erklären, während die anderen nicht aus der Magneto-Induction herzuleiten sind.

Wie Brix sagt[3], haben diese Ströme bei den Nordlicht-Erscheinungen des Jahres 1859 im Allgemeinen vom Aequator zu den Polen hin stattgefunden; doch sind die Gründe für diese Erscheinung noch nicht bekannt, denn die von de la Rive aufgestellte Theorie, dass das am Aequator verdampfende Wasser so grosse Mengen Elektricität an den Polen anhäufe, ist nach den neuesten Untersuchungen nicht anzunehmen. Doch auch über die Richtung der Ströme, welche doch, wenn sie elektromagnetischer Natur sein sollen, eher in der Richtung des Aequators als der Meridiane stattfinden müssten, ist bis jetzt noch nicht

[1]) Brix Journal VII. pag. 106. [2]) Brix Journal VII. pag. 106. [3]) Brix Journal VI. pag. 268.

zu entscheiden, da man auf französischen Bahnen im Allgemeinen das Letztere, auf den deutschen mehr das Erstere beobachtet zu haben meint.

Noch ist hierbei zu bemerken, dass Störungen der Art nicht allein in langen, sondern auch in Leitungen von ganz geringer Ausdehnung vorkommen. So beobachtete z. B. Dufour[1] in Lausanne bei den erheblichen magnetischen Störungen, welche sich am 21. Februar 1866 in einem Theile Europa's zeigten, auch einen solchen Strom in einem kurzen Leitungsbogen, dessen Erdplatten in 2,8^m Tiefe in der gewöhnlichen Pflanzenerdschicht 29^m von einander entfernt lagen. Ein in diese Leitung eingeschaltetes Galvanometer mit 60 Multiplicatorwindungen und astatischer Nadel zeigte an diesem Tage heftige Schwankungen in unregelmässig intermittirender Weise um 4 bis 5^0, während sonst diese Nadel gewöhnlich ruhig stand, oder in ganz langsamen Gange in zwei bis drei Tagen zu ihrer früheren Stellung zurückkehrte. Dufour sagt hierzu: „Es muss im höchsten Grade wahrscheinlich erscheinen, dass die am 21. Febr. in meinem kurzen Schliessungsbogen wahrgenommenen elektrischen Störungen in derselben allgemeinen Influenz ihre Ursache gehabt, welche zur selben Zeit auch die langen Telegraphenlinien beeinflusste, und diese Thatsache scheint mir insofern von Interesse, als die Erdschicht, welche die äussersten Enden meines Schliessungsbogens trennt, noch nicht 30^m Dicke besitzt."

6. Vorschläge zu Beobachtungen. Da, wie wir sehen, in dieser Beziehung noch so Vieles dunkel ist, und die über den Gegenstand zu erhaltenden Aufschlüsse wohl durch die Telegraphenlinien zu erlangen sind, so macht Brix Vorschläge zu Beobachtungen, welche zur Zeit derartiger Störungen angestellt werden sollen, und deren Ziel sein muss, den Verlauf der tellurischen Ströme und ihrer Verzweigung durch die Telegraphenlinien für ein möglichst grosses Gebiet der Erdoberfläche nach Zeit, Intensität und Richtung möglichst vollständig zu ermitteln, die Aenderungen der elektrischen Spannung des Erdbodens an verschiedenen Punkten zu verfolgen, und diese Daten mit den Entwicklungsstadien des Nordlichtes, wenn ein solches sichtbar ist, zu vergleichen.

Zu der genauen Beobachtung des Nordlichtes sind auf den Telegraphenstationen alle Apparate ausser den Galvanometern auszuschalten, und zu diesen möglichst solche anzuwenden, die zu genauen Messungen tauglich sind. Mittelst der Galvanometer muss dann die Zeit des Eintritts der Störungen, ihr Maximum und der Richtungswechsel der Ströme

[1]) Brix Journal XIII. pag. 43.

beobachtet werden. Zur Vergleichung der auf verschiedenen Leitungen gewonnenen Resultate ist es nöthig, festzustellen, welche absoluten Maasse den beobachteten Nadelablenkungen entsprechen, und wie gross die Widerstände der einzelnen Leitungen mit den eingeschalteten Apparaten waren; auch wird die Kenntniss des Erdwiderstandes zwischen je zwei Stationen, d. h. der Uebergangswiderstand der Erdplatten, zur Erklärung der Erscheinung beitragen.

Hinsichtlich der Vertheilung der Versuche auf die verschiedenen Stationen scheint es Brix zweckmässig, die Beobachtungen so viel als möglich auf den Stationen zu concentriren, welche Knotenpunkte vieler Linien bilden, und die Zwischenstationen zur Controle und zur Ausfüllung der Lücken zu benutzen. Auf diesen grossen Stationen wären dann einige von entfernten, entgegengesetzten Stationen kommende Drähte zu je zweien direkt mit einander zu verbinden, so dass man den zwischen den fernen Punkten vorhandenen tellurischen Strom auf der Knotenpunktstation zu messen im Stande ist, während die übrigen Leitungen mit der Erde verbunden bleiben. An anderen Punkten des Netzes, wo drei mit einander durch mehrfache Leitungen verbundene Stationen in einem Dreieck liegen, kann man in einer Station zwei von den beiden anderen kommende Drähte direkt verbinden, so dass zwischen jenen beiden Stationen eine doppelte Verbindung, eine auf dem geraden Wege und eine auf einem Umwege über die dritte Station hergestellt wird, etc. —

Ab und zu kann dann auf einzelnen Stationen, nach vorgängiger Abrede, eine bestimmte Leitung unterbrochen werden, damit der Beobachter am anderen Ende der Leitung sich überzeugen kann, ob die Störung dann vollständig aufhört; auch kann man gelegentlich auf einzelnen Leitungen eine Batterie von bekannter Stärke und deren Einfluss auf die Störungen beobachten, wobei es vortheilhaft ist, wiederholt den Strom umzukehren, und so seinen Einfluss auf die Störungen zu veranschaulichen.

7. Das Erdbeben. Der Telegraphendirektor Post[1]) berichtet über Störungen, welche auf der ganzen Linie von Berlin bis Frankfurt a. M. vom 16. bis 19. Dec. 1857 stattgefunden haben, und schreibt dieselben dem um dieselbe Zeit in Neapel stattgehabten Erdbeben zu, von dem man auch in Würtemberg Erdstösse verspürt habe. Er bemerkt,

[1]) Brix Journal V. pag. 54.

dass besonders die von Norden nach Süden gehenden Leitungen ein unregelmässiges Nadelspiel am auffälligsten gezeigt haben.

Auch an anderen Orten und zu anderer Zeit wurden elektrische Strömungen mit gleichzeitigen Erdstössen in grösseren Entfernungen wahrgenommen. So habe ich Nachricht von einer solchen Erscheinung in Weiss-Tuschkau in Böhmen vom 24. Nov. 1869 Abends $6^1/_2$ Uhr, wo sich am Contacte des Tasters ein lebhafter Funken zeigte und die Nadel Schwankungen machte. Solche Schwankungen waren auch in Pilsen wahrgenommen, ohne dass man jedoch daselbst Funken bemerkt hätte. An beiden Orten war heiterer Himmel, der jedoch das Vorhandensein und den Einfluss eines Nordlichtes nicht ausschliesst. Gleichzeitig waren aber in Tyrol heftige Erdstösse wahrgenommen worden.

Ob nun ein Einfluss eines Erdbebens auf die Magnetnadel vorhanden sei, wird noch mannigfach in Zweifel gezogen, die Zahl der darüber vorliegenden Beobachtungen ist noch zu gering, als dass dieselben den Zweifel heben könnten. Zwar hat man wohl früher einen heftigen Stoss der Nadel zur Zeit eines Erdbebens beobachtet, allein derselbe liesse sich als rein mechanische Wirkung erklären, während damit zusammenhängende Störungen der Telegraphenleitungen doch elektrischer Natur sein müssen.

Brix bemerkt nun überdies zu der Mittheilung von Post, dass um dieselbe Zeit in Süddeutschland ein Nordlicht beobachtet worden sei. Dasselbe erklärt wohl die Störungen besser, als das gleichzeitige Erdbeben in Neapel.

§ 11.

Die Blitzableiter.

1. Die Blitzableiter der Telegraphenleitungen. Bei dem Zwecke der Telegraphenleitungen, den elektrischen Strom von der einen Station zur andern zu führen, hat ein in diesem Falle anzubringender Blitzableiter eine andere Aufgabe, als ein gewöhnlicher. Ein Blitzableiter dieser Art soll, wenn wir die Forderung ganz allgemein hinstellen, dem gewöhnlichen Linienstrome den Weg offen lassen, und dabei doch einen anderen abhalten, diesen Weg zu nehmen. Es liegt nahe, dass die Aufgabe so allgemein nicht gelöst werden kann, sondern dass man sich wird damit begnügen müssen, derselben unter gewissen Beschränkungen Genüge zu leisten. Da nun nur stärkere Ströme, als die zum Telegraphiren angewandten, störend wirken, so beschränkt sich

die Aufgabe darauf, eben diese stärkeren Ströme abzuhalten, dass sie durch die Apparate der Stationen gehen, wenn sie ihren Weg auf den Leitungen genommen haben.

Es giebt zwei Arten solcher starker, störender Ströme, welche man gewöhnlich wohl durch die Ausdrücke statisch und dynamisch von einander geschieden hat. Es sind einfach diejenigen, welche wir vorn als bei der Ladung und bei der Entladung entstehend kennen gelernt haben. Wenn über der Drahtleitung sich eine elektrische Wolke bildet, oder wenn über derselben eine solche hinzieht, so entsteht, wie wir gesehen, durch Vertheilung ein Strom, welcher in den meisten Fällen den gewöhnlichen Linienstrom an Stärke weit übertrifft, und den man mit dem Namen der dynamischen Elektricität bezeichnet. Durch diese Vertheilung ist nun der Draht mit Spannungs- oder statischer Elektricität geladen, und diese strömt dann plötzlich, wie man sagt, durch einen Schlag, ebenfalls auf dem Drahte ab, wenn die Wolke sich entladet.

Zur Vermeidung von Begriffsverwirrung ist noch zweierlei zu beachten. Wenn die Wolke sich entladet, so kann der Blitz aus der Wolke den Draht treffen oder nicht. In beiden Fällen entsteht in dem Drahte eine statische Entladung. Schlägt der Blitz nicht in die Leitung, so wird die zuvor gebundene Elektricität des Drahtes frei, und entweicht auf demselben. Schlägt dagegen der Blitz in den Draht, so wird zwar die im Drahte gebundene entgegengesetzte Elektricität ausgeglichen, allein da die aus der Wolke sich entladende Elektricitätsmenge viel grösser sein muss als jene, so entweicht nun der nach den Umständen grössere oder geringere Ueberschuss derselben auf dem Drahte. Was den zweiten Punkt betrifft, so muss bemerkt werden, dass der Strom der galvanischen Säule gewöhnlich dynamische Elektricität genannt wird, im Gegensatze zu der durch irgend welche Ansammlung entstandenen statischen Elektricität. In dem einen Falle wirkt die Elektricität im Ruhezustande, im andern in der Bewegung durch das Strömen. Nur daher rührt die verschiedene Benennung, während das Wesen der Elektricität stets dasselbe ist. Da nun bei der Ladung des Drahtes durch die statische Elektricität einer Wolke ebenfalls ein Strom erregt wird, so hat man diesen ebenfalls, ohne dass sein Ursprung eine Volta'sche Säule ist, dynamische Elektricität genannt, und nicht mit Unrecht; allein es muss jedenfalls Verwirrung herbeiführen, wenn man diesen Strom einen galvanisch inducirten nennt, oder beim Gewitter noch zwischen galvanisch und dynamisch inducirten Strömen, welche durch eine Wolke herbeigeführt werden, unterscheidet, was wohl geschehen ist.

Der telegraphische Blitzableiter hat nun den Zweck, sowohl den Blitz als auch starke dynamische, überhaupt alle Wirkungen der statischen Elektricität abzuhalten. Dies wird dadurch möglich, dass alle durch Luftelektricität hervorgerufenen Ströme viel grössere Spannung äussern, als die durch die galvanische Säule bewirkten.

2. Steinheil's Blitzableiter. Die Unterschiede in der elektrischen Spannung äussern sich in der Weise, dass Ströme von geringer Spannung, wenn ihnen der zweifache Weg durch einen kurzen, aber unterbrochenen und einen langen, aber continuirlichen Leiter offen steht, den letzteren nehmen, während die von grosser Spannung den ersteren gehen. Es bedarf wohl kaum einer Erwähnung, dass hier Uebergänge stattfinden, und dass die genannten Unterschiede um so schärfer hervortreten, je grösser der Unterschied in der Spannung ist.

Der erste von Steinheil 1846 construirte Blitzableiter[1]) war auf diese Eigenschaft der Ströme gegründet. Zwei quadratische Kupferplatten von 16^{cm} Seite waren auf isolirten Ständern über dem Stationsgebäude befestigt und lagen gegen einander, nur durch dünnes Seidenzeug von einander getrennt. Da Steinheil zunächst nur die Absicht hatte, den Blitz auf der Leitung weiter zu führen und ihn vom Apparate abzuhalten, so war die Leitung von der einen Seite her mit der einen Kupferplatte, und die von der anderen mit der zweiten verbunden, während von beiden Platten aus dünne Leitungsdrähte zu und von dem Apparate führten. Während der galvanische Strom nicht im Stande war, die isolirende Schicht der Seide zu durchbrechen, und daher seinen Weg durch die dünnen, zum Apparat führenden Drähte zu nehmen gezwungen war, sprang der durch die athmosphärische Elektricität hervorgerufene Strom von einer Platte zur andern über und ging auf der Linie weiter. Soll, wie es natürlich vortheilhafter ist, der Blitz zur Erde abgeleitet werden, so muss eine jede der auf der Station ankommenden Linien einen solchen Blitzableiter erhalten, oder die Vorrichtung muss eine Abänderung erleiden, wie dieselbe später von Anderen vorgenommen wurde.

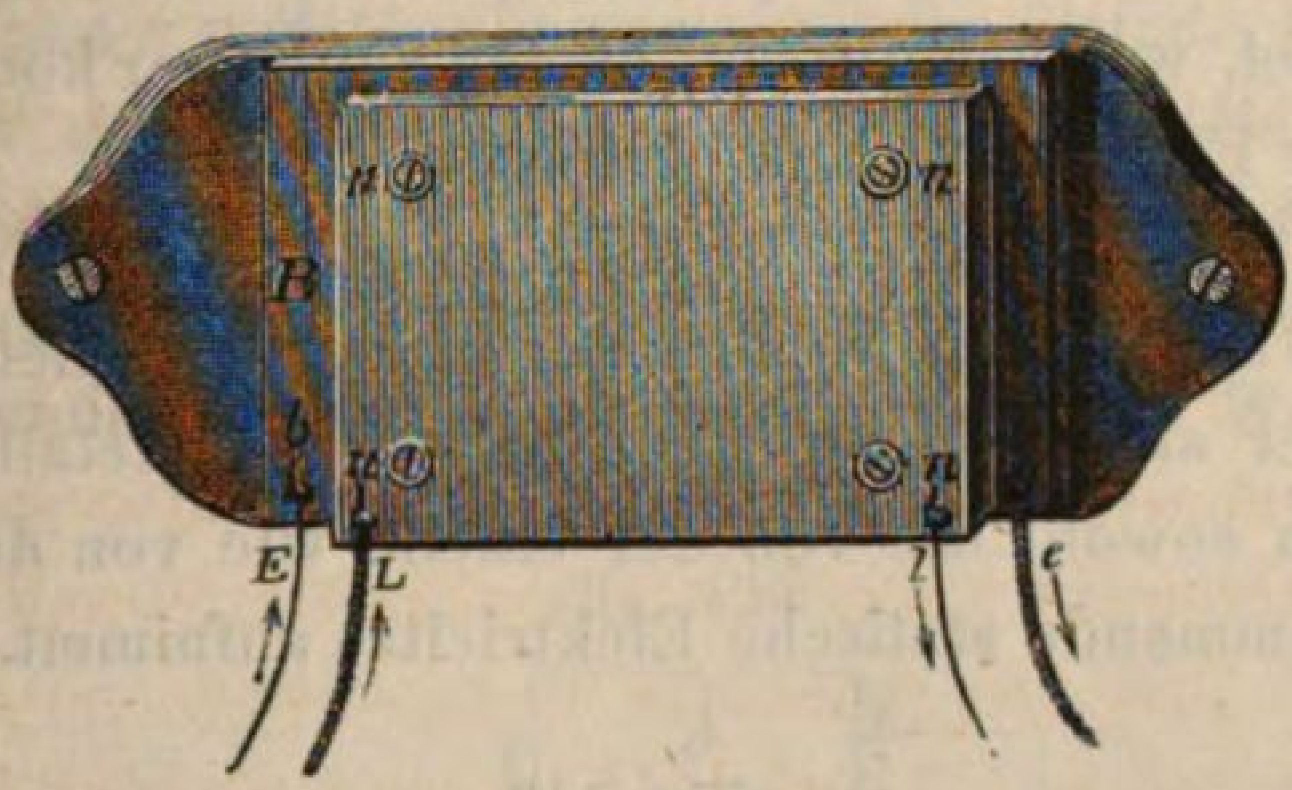
3. Meissner's Blitzableiter. Meissner wandte mit geringer Abänderung in der Form den Blitzableiter Steinheil's an, aber so, dass in der schon bezeichneten Weise von jeder Leitung her der Strom zur Erde geführt wurde.

Die Fig. 117 stellt einen Meissner'schen Blitzableiter dar. Zu

[1]) Dinglers Journal 109 pag. 352.

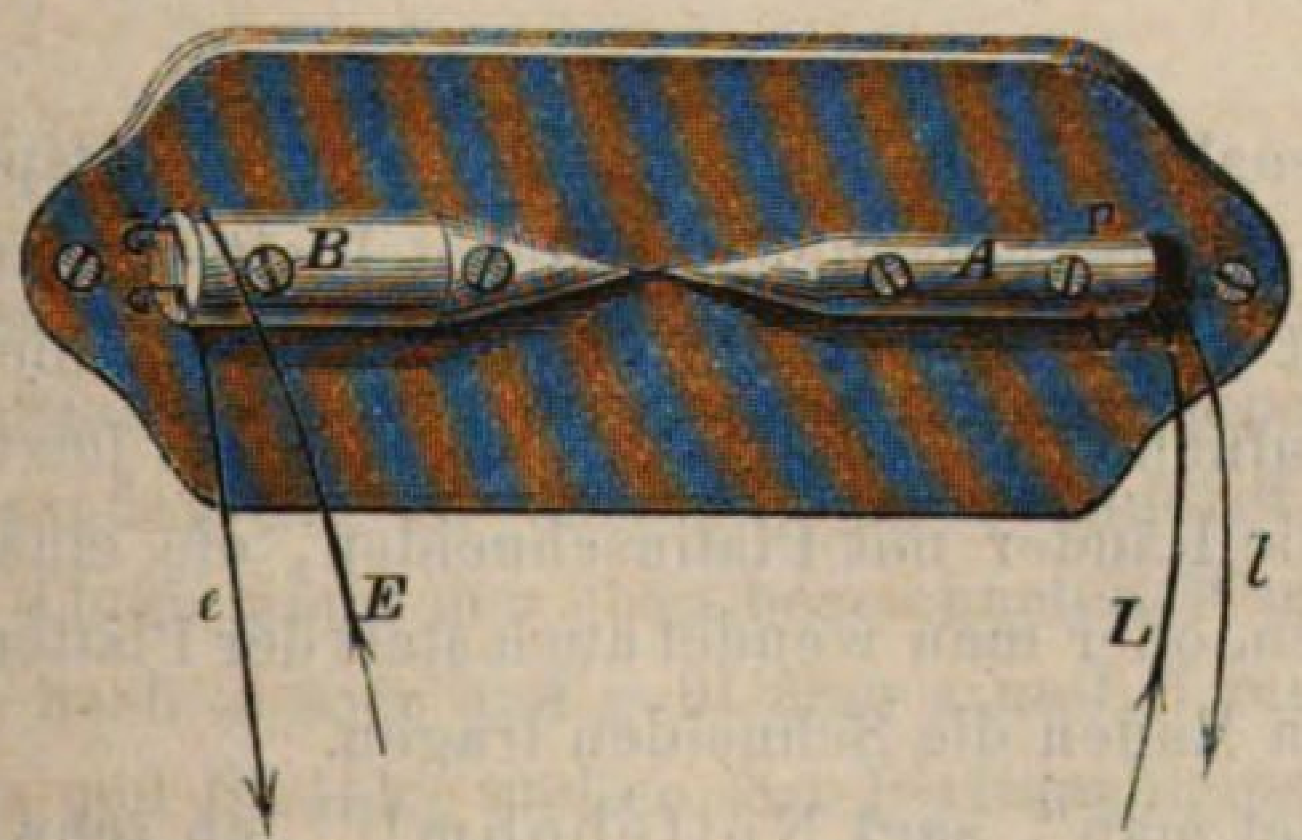
der oberen Platte *nn* führt der Draht der Leitung *L*, von dieser ab geht ein viel dünnerer Draht *l* zu den Apparaten, und von diesen kommt wieder einer von gleicher Stärke *E* nach der von *nn* isolirten zweiten Platte *B*, von welcher ab eine starke Leitung *e* zur Erde führt. Die von

Fig. 117.



und zu den Apparaten führenden beiden dünnen Drähte sind umsponnen und dann um einander geschlungen, so dass der etwa durch diese gehenden Spannungselektricität vielfach Gelegenheit geboten wird, von einem zum andern Drahte überzuspringen und dadurch die Apparate zu umgehen.

Fig. 118.



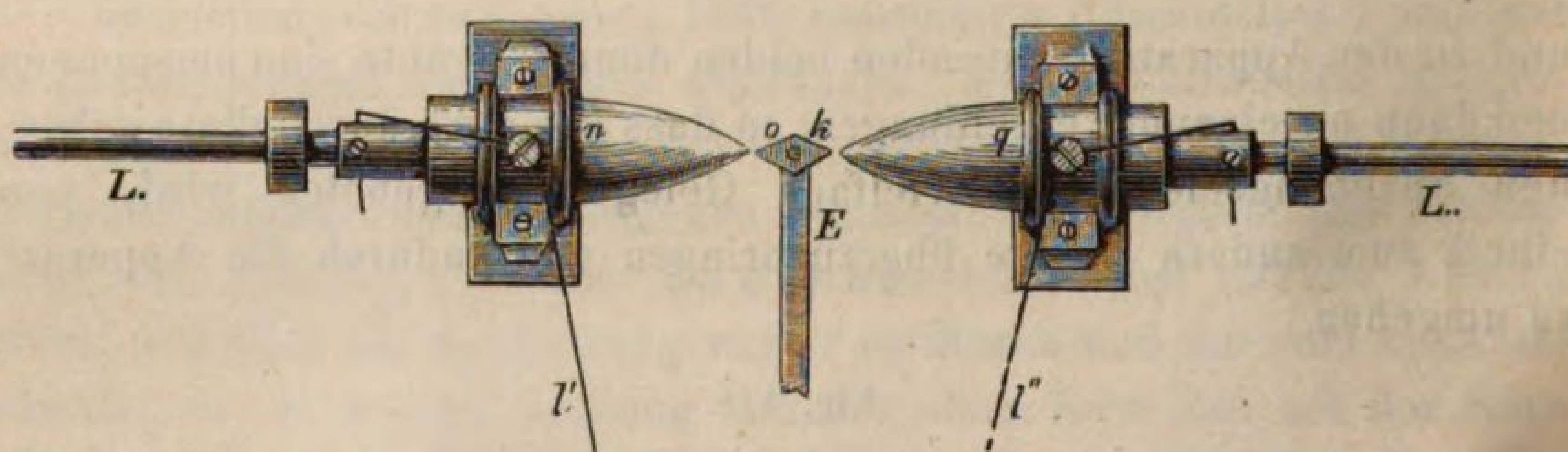
Diesen Apparat verglich Meissner in Bezug auf seine Zweckmässigkeit mit einem anderen, welcher in Fig. 118 dargestellt ist. Der Strom wird hier, anstatt in zwei einander gegenüber gestellten Platten, in zwei Conus *A* u. *B* ein- und ausgeleitet, deren Spitzen einander so nahe wie möglich gegenüber stehen, ohne sich zu berühren. Während bei den Platten der Strom der statischen Elektricität besonders an den Rändern übergeht, muss er hier von einer Spitze zur andern überspringen; während dort viele Uebergangspunkte geboten werden, ist hier nur einer

vorhanden, und deshalb lässt sich im Voraus schliessen, dass die Einrichtung mit den Platten vortheilhafter ist. In Bezug hierauf angestellte Versuche bestätigen dies.

Beide Arten von Ableitern hat man in neuerer Zeit so abgeändert, dass die beiden Ableiter derselben Station sich zu einem vereinigen, indem man zwischen die beiden Leitungsplatten oder Kegel einen dritten Theil einschaltet, welcher die von beiden Seiten her kommende statische Elektricität zur Erde abzuleiten bestimmt ist.

Was den Spitzenableiter betrifft, so gab Nottebohm demselben die Form der Fig. 119, in welcher der in der Mitte befindliche Doppelkegel von einer starken, zur Erde führenden Metallstange getragen wird, die dann sowohl die von der einen, wie von der anderen Seite der Leitung kommende statische Elektricität aufnimmt.

Fig. 119.



Die Plattenableiter haben eine der obigen entsprechende Form. Sie bestehen aus drei einander parallelen Platten, deren mittlere zur Erde abgeleitet ist, während die beiden äusseren die Leitungen von beiden Seiten aufnehmen. Man macht diese Platten jetzt auch wohl rund und versieht die Ränder mit Platinschneiden, die einander sehr nahe gebracht werden, oder man wendet auch statt der Platten Messingröhren an, die an ihren Enden die Schneiden tragen.

„Beobachtet man", sagt Nottebohm[1]), „an schwülen Tagen und besonders beim Wetterleuchten in den Abendstunden das Innere des Blitzableiters, so ist dasselbe momentan stark erleuchtet; aber vorzugsweise zeigt sich diese leuchtende Atmosphäre an den gegenüberstehenden Platinschneiden, wo die entgegengesetzten Elektricitäten mit Funken und knisterndem Geräusche sich ausgleichen. Die Einwirkung auf die Apparate und Galvanometer ist nur bei starkem Wetterleuchten und

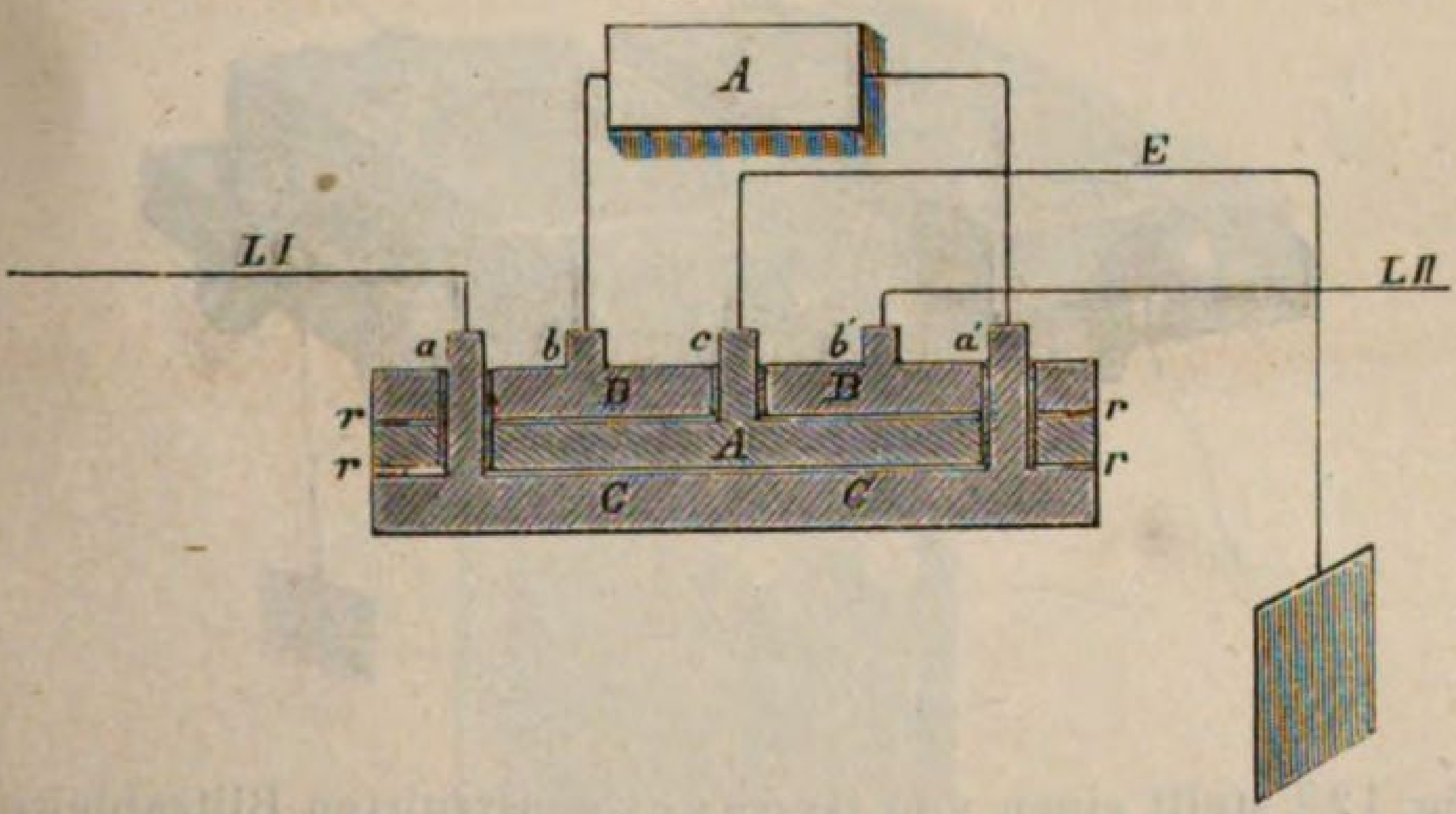
[1]) Brix Journal I. pag. 53.

auch dann kaum bemerkbar, während die Berührung der Eisentheile des Blitzableiters betäubende Schläge verursacht."

Das Schema der Verbindung der Theile eines solchen Ableiters mit den Leitungen und Apparaten lässt sich einfach in der Weise darstellen, wie Fig. 120 zeigt.

Die drei im Durchschnitte gezeichneten Platten *A B C* sind durch die Zwischenlagen *r* vollständig von einander isolirt. Ein auf der Linie *LI* kommender galvanischer Strom tritt bei *a* in die untere Platte *C*, geht bei *a'* wieder heraus, durch den Apparat *A* und bei *b* in die obere Platte *B*, welche er bei *b'* wieder verlässt. Ein von der anderen Seite auf *LII* kommender Strom nimmt den umgekehrten Weg.

Fig. 120.



Wir sehen, dass bei dieser Verbindung die galvanische Elektricität nicht in die mittlere Platte *A* gelangt. Wird nun aber Elektricität von grösserer Spannung auf *LI* oder *LII* herbeigeführt, so nimmt diese zum grössten Theile nicht den eben bezeichneten Weg, sondern springt von *B* oder *C* nach *A* über und geht über *c* und *E* zur Erde.

Siemens und Halske stellen ihre Plattenableiter aus drei starken gusseisernen Platten her, deren zwei neben einander in ganz geringer Entfernung über einer dritten liegen, wie in Fig. 121 dargestellt ist. Die untere Platte steht mit der Erdleitung in Verbindung, während die beiden oberen die Leitungen der Linien von beiden Seiten her aufnehmen und dieselben zu und von den Apparaten führen.

4. Blitzableiter von Bréguet. Die beiden bisher beschriebenen Systeme mit ihren Abänderungen sind nur darauf berechnet, mittelst der Spitzen oder Flächen die Elektricität von grosser Spannung abzu-

leiten. Dies wird allerdings durch dieselben erreicht, allein es leuchtet ein, dass bei dieser Ableitung immer ein Theil der Spannungselektricität durch die dünneren Drähte gehen wird, welche zu den Apparaten führen, und dann hier doch zerstörend wirken kann. Obgleich dieser Uebelstand nicht absolut zu verhindern ist, so hat doch Bréguet auf den französischen Telegraphenbureaux den Ableitern eine Vorrichtung hinzugefügt, welche den zu den Apparaten offenen Weg starken Strömen mehr erschwert, und so gegen den zerstörenden Einfluss derselben in höherem Grade sichert.

Fig. 121.

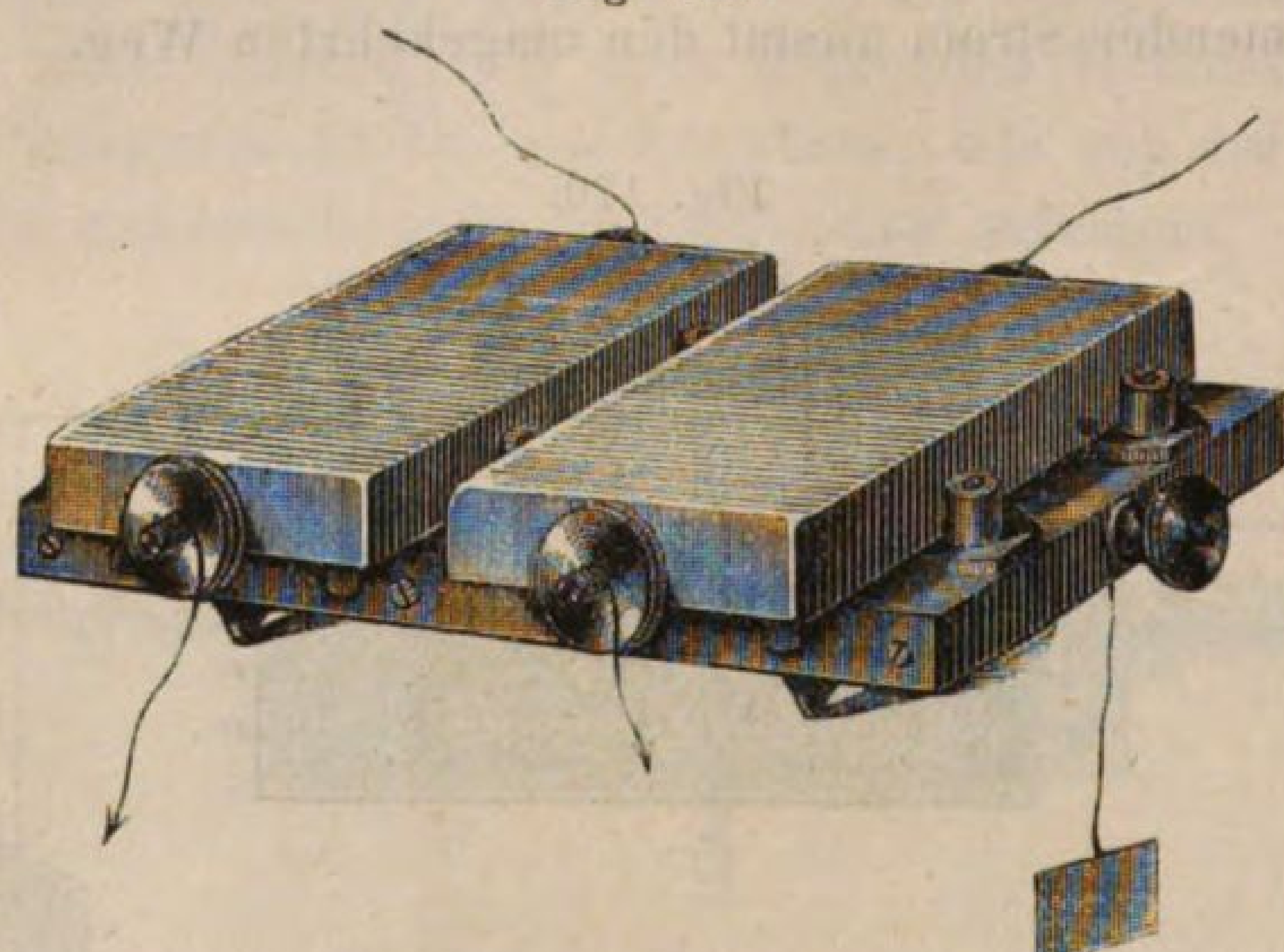


Fig. 122 stellt einen von Bréguet construirten Blitzableiter dar[1]). Derselbe besteht aus zwei Platten *V* und *U*, welche auf einem Brett, befestigt sind, und sich in einer Reihe Spitzen gegenüberstehen, die einander möglichst genähert sind. Die Schraube *L* nimmt den Liniendraht auf, während von *B* aus die Leitung zur Erde führt. Der um seine Befestigung drehbare Griff *N* trägt als Fortsetzung nach der anderen Seite eine Feder, welche nach den Metallplatten *T*, *J* und *D* gedreht werden kann. *T* steht mit der Erdleitung und *D* mit dem von der anderen Station kommenden Liniendrahte mittelst der Schraube *L'* in Verbindung. Befindet sich die Feder auf einer dieser beiden Platten, so sind die Apparate der Station ausgeschlossen. Ist aber die Feder mit *J* in Berührung, so geht der Strom von *L* aus nach der Schraube *G* und dann durch einen dünnen Eisendraht, der in einer Glasröhre eingeschlossen ist, nach der Schraube *H*, die mit der zu den Apparaten führenden Schraube *F* in leitender Verbindung ist. Dieser dünne Eisendraht ist

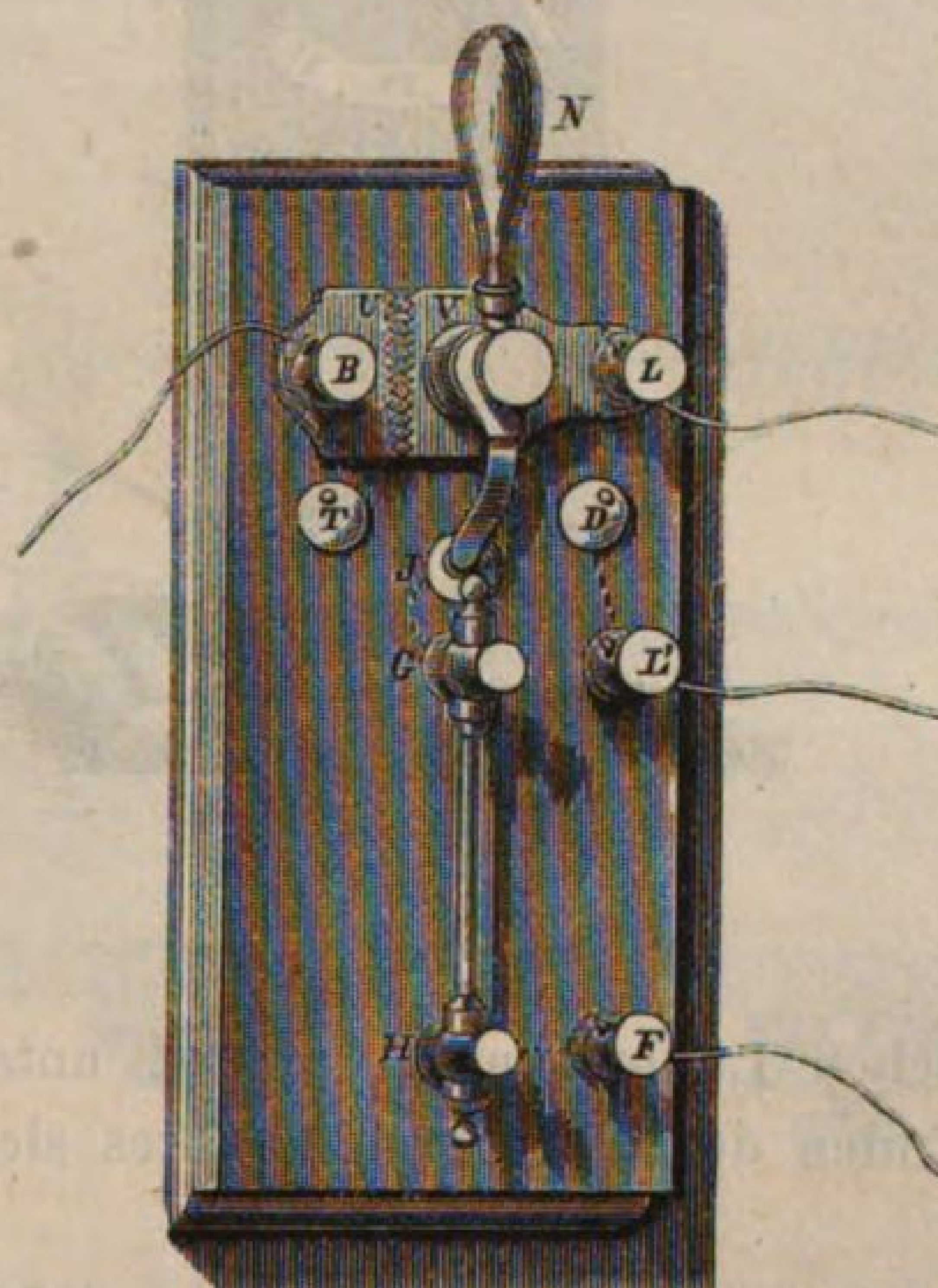
[1]) Gavarret, Télég. élec. 1859 pag. 83.

das Neue, was Bréguet den Blitzableitern hinzufügt. Derselbe wird nämlich wegen seiner geringeren Leitungsfähigkeit eher erhitzt und geschmolzen, als der Kupferdraht der Apparate sich in schadenbringender Weise erhitzt hat, und hält hierdurch die noch etwa nachtheiligen Ströme ab.

Die Fig. 123 stellt einen nach demselben Prinzip construirten Blitzableiter Bréguets dar, bei dem der feine Draht zwischen den Schrauben *X* und *Y* gespannt, und mit einer Hülle aus Seide umgeben ist.

Die punktirten Linien geben die unter den verschiedenen Stellungen der Federn durch den Griff *N* vorhandenen Stromläufe an.

Fig. 122.



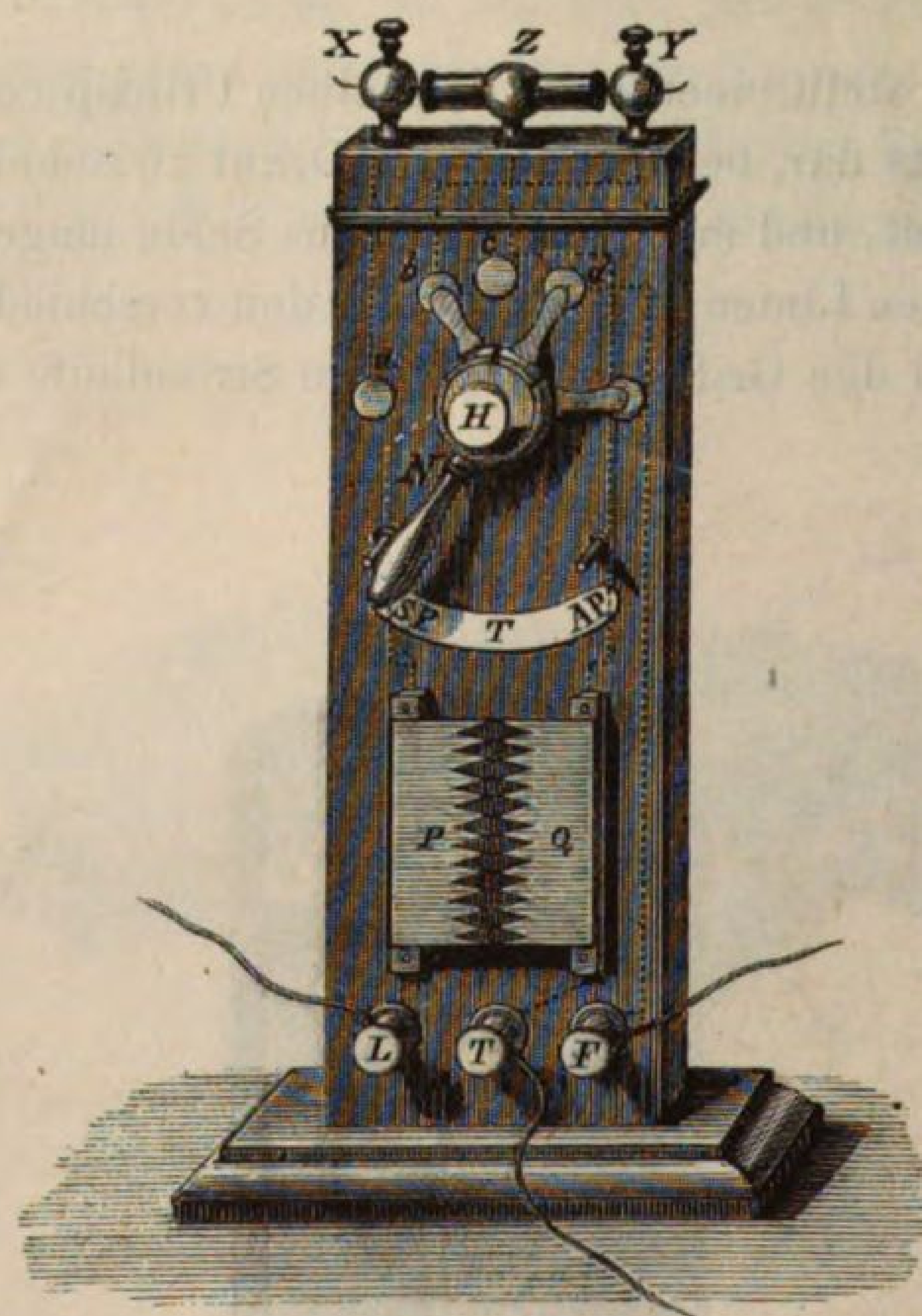
Ein anderer, ebenfalls auf französischen Linien in Anwendung befindlicher Blitzableiter trägt die Spitzen in der Art, wie die Fig. 124 darstellt. Die eine Metallschiene, an der die Spitzen befestigt sind, ist mit der Leitung und die andere mit der Erde in Verbindung[1]).

Die Blitzableiter sind (für jede Leitung ein besonderer) unmittelbar hinter der Einführung der Drähte in die Stationsgebäude aufgestellt. Nachdem der Strom die Schiene durchlaufen hat, tritt er in den bekannten dünnen Draht, welcher in diesem Falle mit Seide übersponnen und auf eine Metallspindel gewickelt ist, welche in eine mit der Erdleitung ver-

[1]) Brix Journal VI pag. 57.

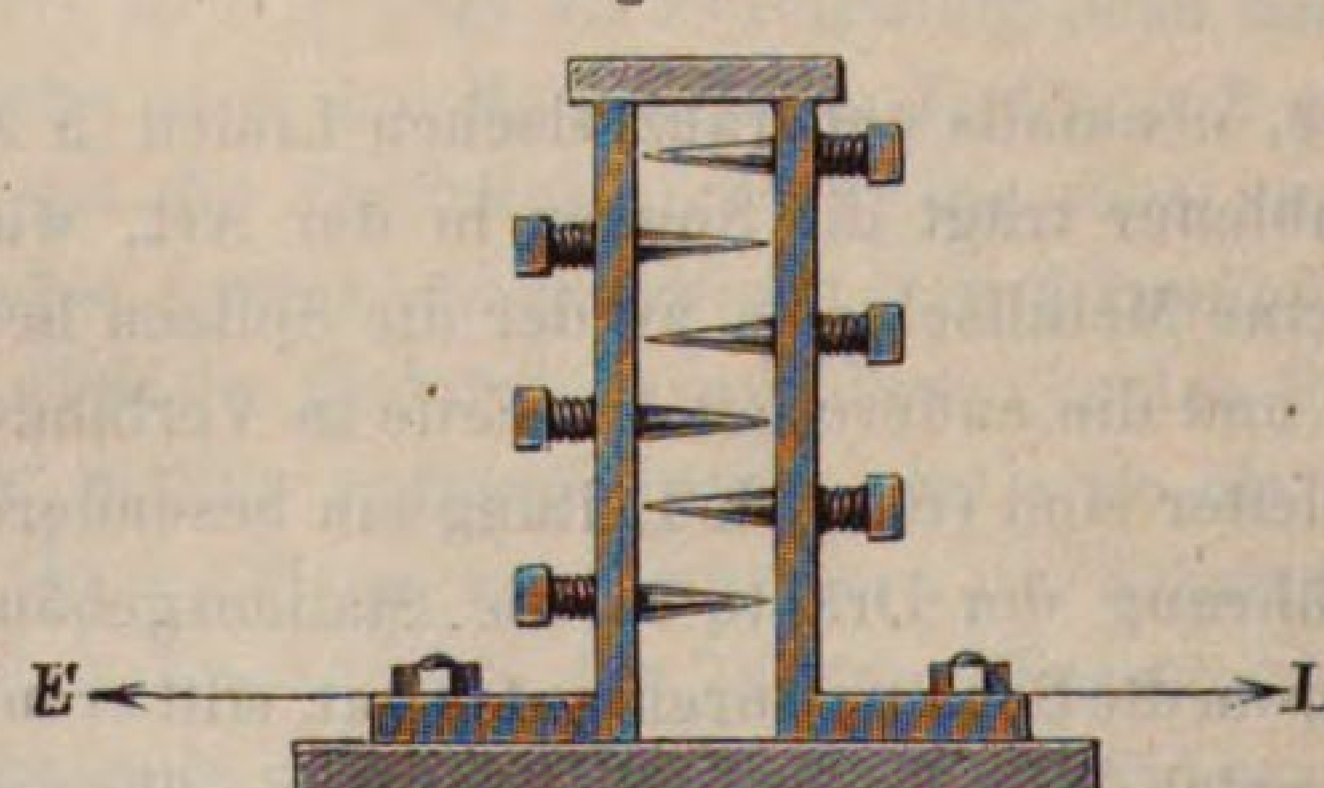
bundene Metallhülse geschoben wird. Schmilzt der zur Widerstandsrolle verwandelte sehr dünne Draht bei zu starken Strömen, so wird die

Fig. 123.



Verbindung zwischen Leitung und Apparat unterbrochen, während gleichzeitig die Enden des Widerstandsdrahtes sich an die, die Rolle

Fig. 124.

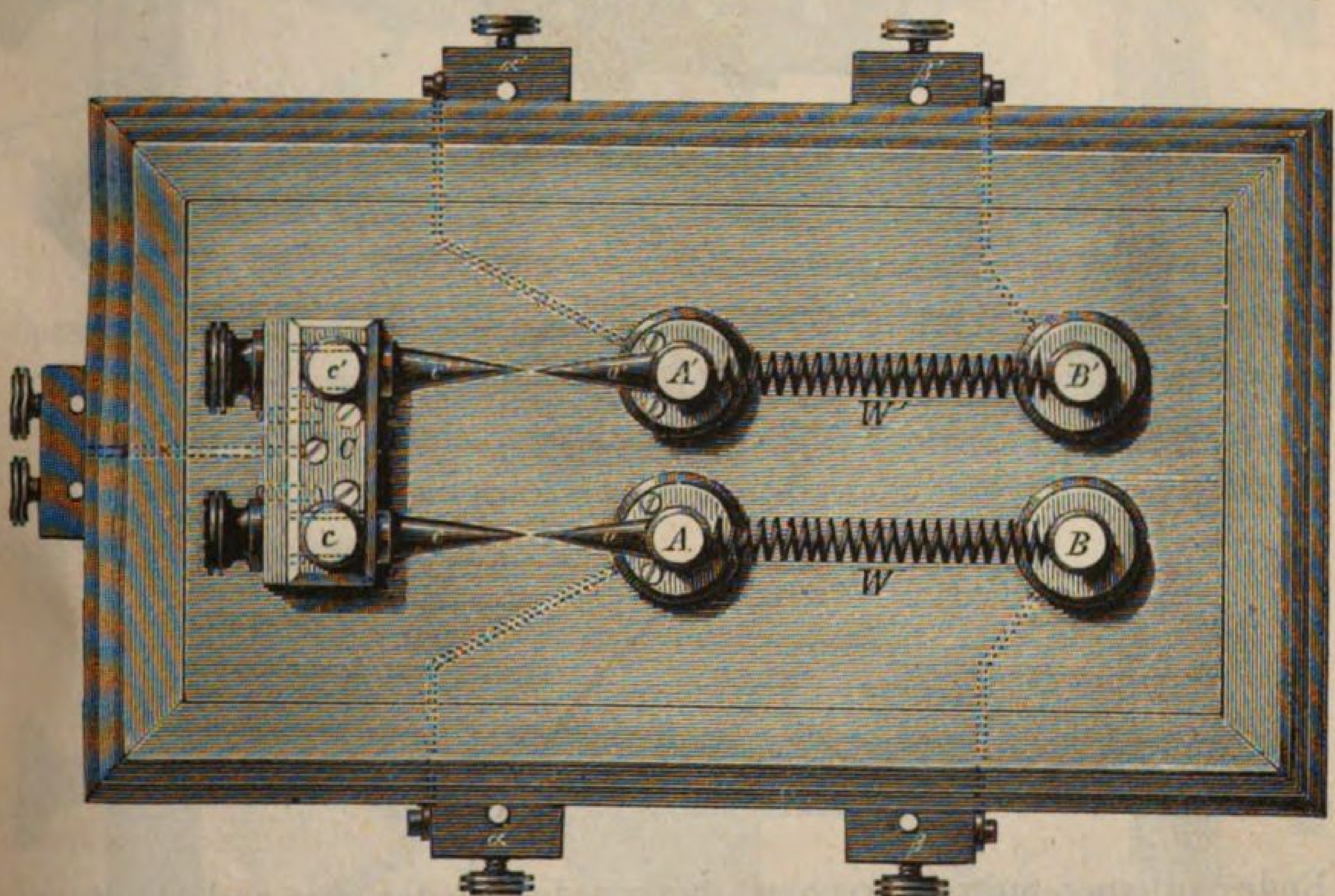


umgebende Metallhülse anlegen, und so eine direkte Verbindung zwischen Leitung und Erde herstellen.

5. Blitzableiter der früheren preussischen und der österreichischen Telegraphenlinien. Die noch jetzt in Oesterreich und auch früher in Preussen benutzten Ableiter sind in der Fig. 125 dargestellt[1]).

Bei α und α' tritt der Linienstrom von beiden Seiten her ein, wird durch die Spirale weiter und durch β und β' zu den Apparaten geleitet. Aus der schematischen Darstellung der Fig. 126 wird die ganze Verbindung klar.

Fig. 125.



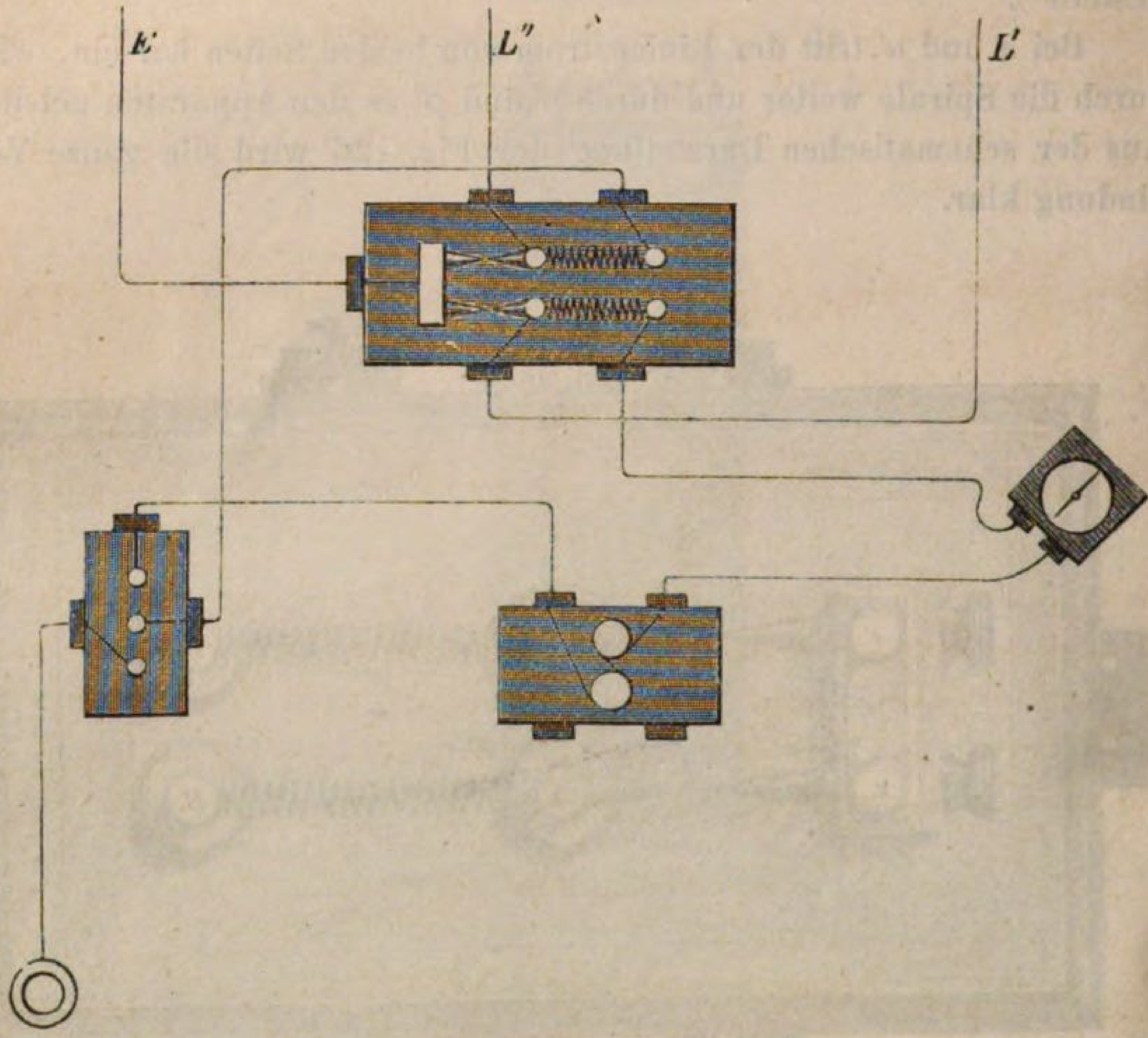
Statt der Spitzen wurden von der ehemaligen preussischen Telegraphenverwaltung, besonders bei den zum Eisenbahndienst bestimmten Linien, auch Messingcylinder angewandt, welche sich in runden Platinschneiden gegenüberstehen, so dass ein für eine Linie brauchbarer Blitzableiter die Form der Fig. 127 hat.

Bei L und L' treten die Linienleitungen ein, und der Strom setzt sich durch die beiden Spiralen aus dünnem Draht in A oder A' nach den Apparaten fort, wogegen Ströme von grosser Spannung an den Schneiden nach dem Cylinder überspringen und von diesem zur Erde geleitet werden.

[1]) Brix Journal I. pag. 252.

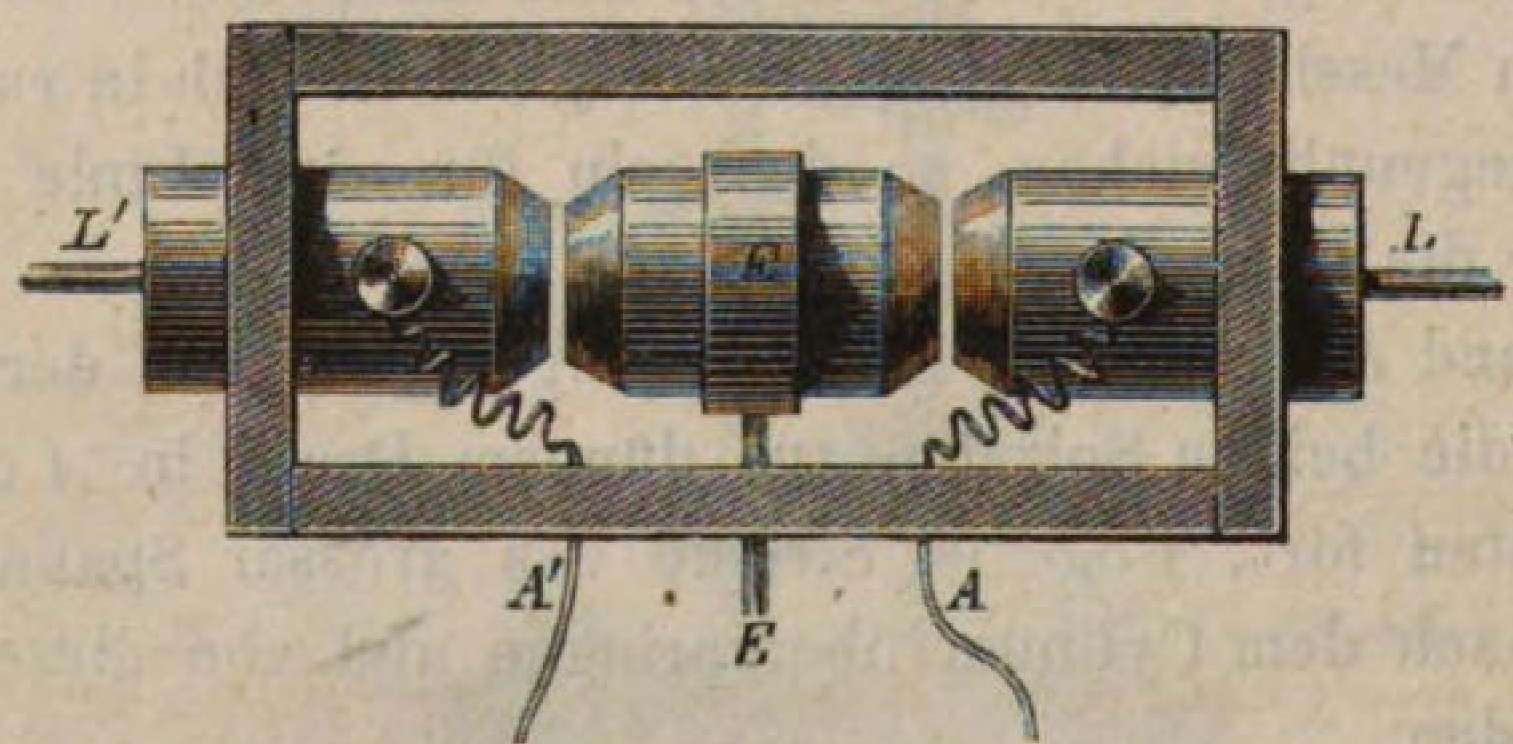
6. Kerkhoff's Blitzableiter vereinigt das Prinzip der Flächen mit dem der Spitzen. Wie die Fig. 128 zeigt, ist ein Cylinder an jedem

Fig. 126.



Ende mit einer Spitze versehen, deren jeder wieder eine andere gegenüber steht.

Fig. 127.

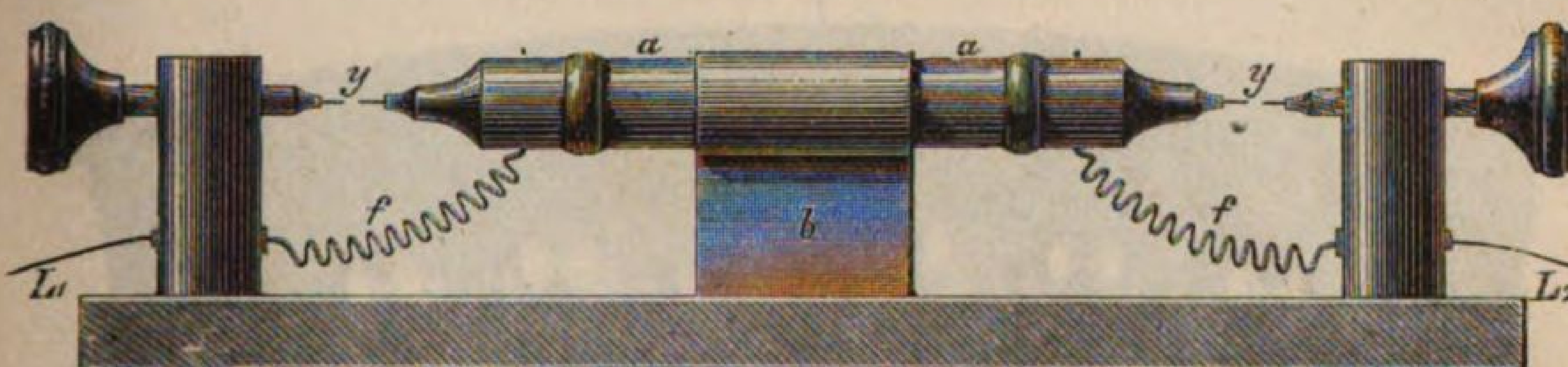


Die Fig. 129 zeigt den Querschnitt der Cylinder[1]). Die beiden

[1]) Schellen, elektrom. Teleg. pag. 374.

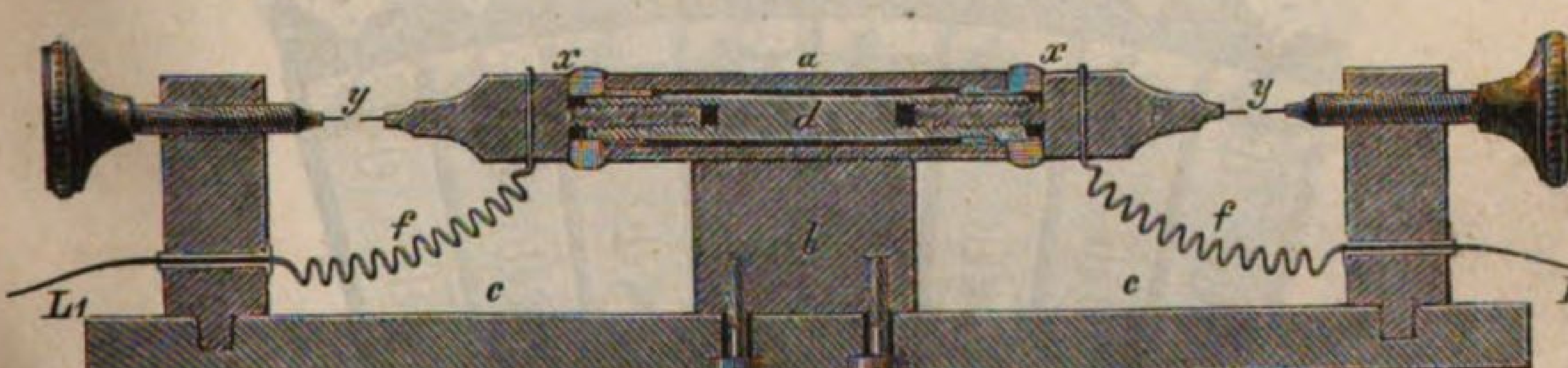
Spitzen *ee* nehmen die Leitung der Linien auf und führen mittelst der Spiralen dieselbe zum Telegraphen. Die Enden der beiden Theile *e* reichen in den mittleren Cylinder *a* hinein, sind aber von ihm durch Elfenbeinzwischenlagen *x* isolirt, während er selbst mit der Erde leitend verbunden ist. Eine auf der Leitung nach den Theilen *e* geführte Menge

Fig. 128.



Spannungselektricität geht innerhalb des Cylinders zu diesem über, während andererseits dieselbe auch an den Spitzen bei *y* zur Erde durch die Platte *c* gehen kann. Die nicht überspringende Elektricität muss durch die von den Theilen *e* ableitenden Spiralen aus feinem Drahte zu und von dem Apparate strömen.

Fig. 129.

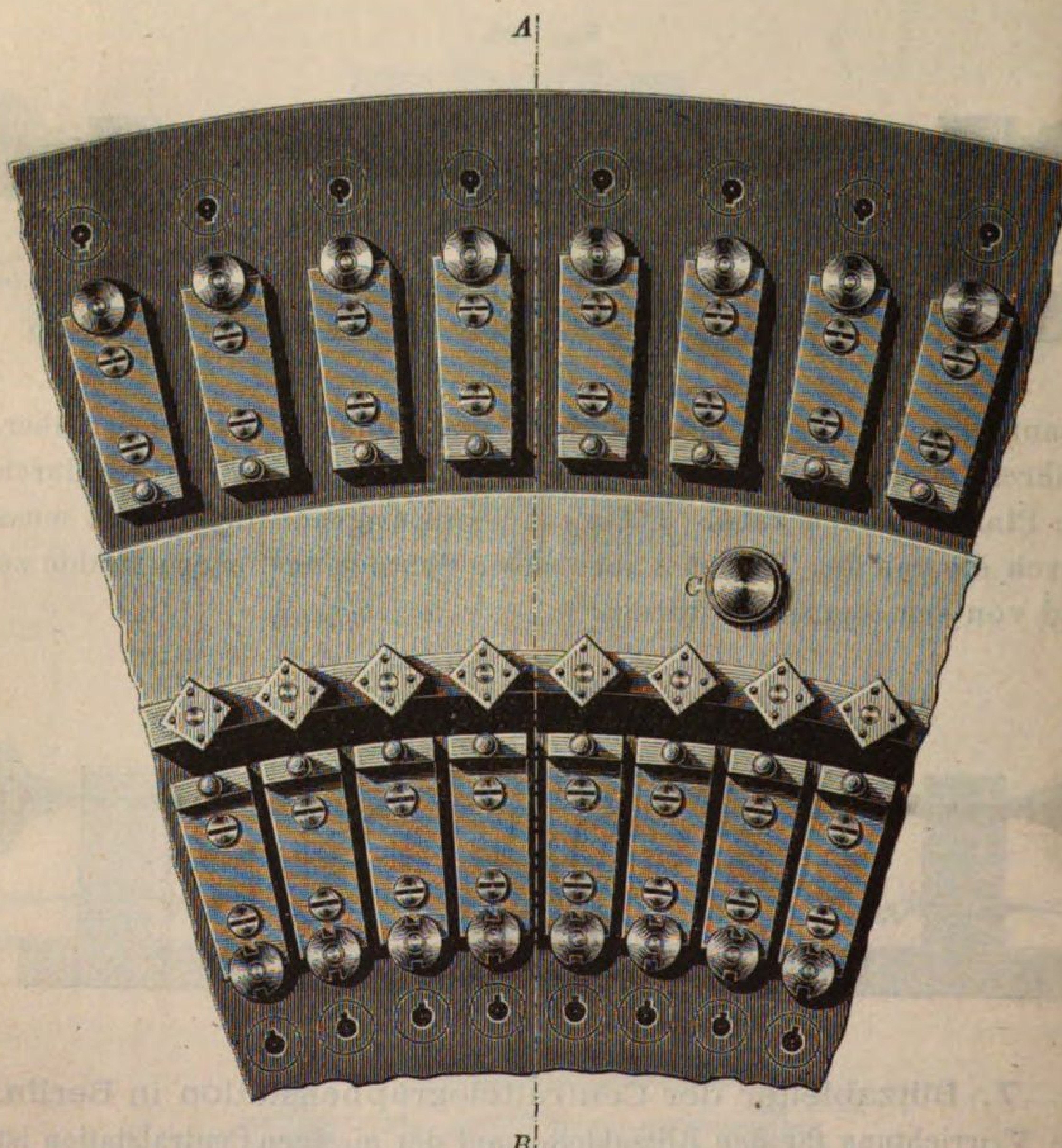


7. Blitzableiter der Centraltelegraphenstation in Berlin. Die Vorrichtung für den Blitzableiter auf der hiesigen Centralstation ist für 96 Leitungen eingerichtet, so dass eine jede derselben, wie in allen anderen Fällen, einen besonderen Ableiter hat, der sich natürlich dann mit der allgemeinen Ableitung zur Erde verbindet. Die Einrichtung ist folgende:

Sämmtliche Blitzableiter befinden sich in einem runden Kasten, dessen Boden aus einer isolirenden, einen Zoll dicken Platte von Horngummi besteht, auf die sich ein Messingring aufsetzt. Der Deckel dieses Kastens ist eine Glasplatte. Auf der Bodenplatte sind die Vorrichtungen, welche die Blitzableiter bilden radial geordnet. Die Fig. 130 stellt einen

Theil des Bodens des erwähnten Kastens mit den Blitzableitern in etwa $^1/_2$ der natürlichen Grösse dar. Der wirkliche Durchmesser der Horngummiplatte beträgt 76^{cm}. Am äusseren Rande der Bodenplatte befinden sich Löcher *a*, durch welche die Leitungen von unten her gezogen

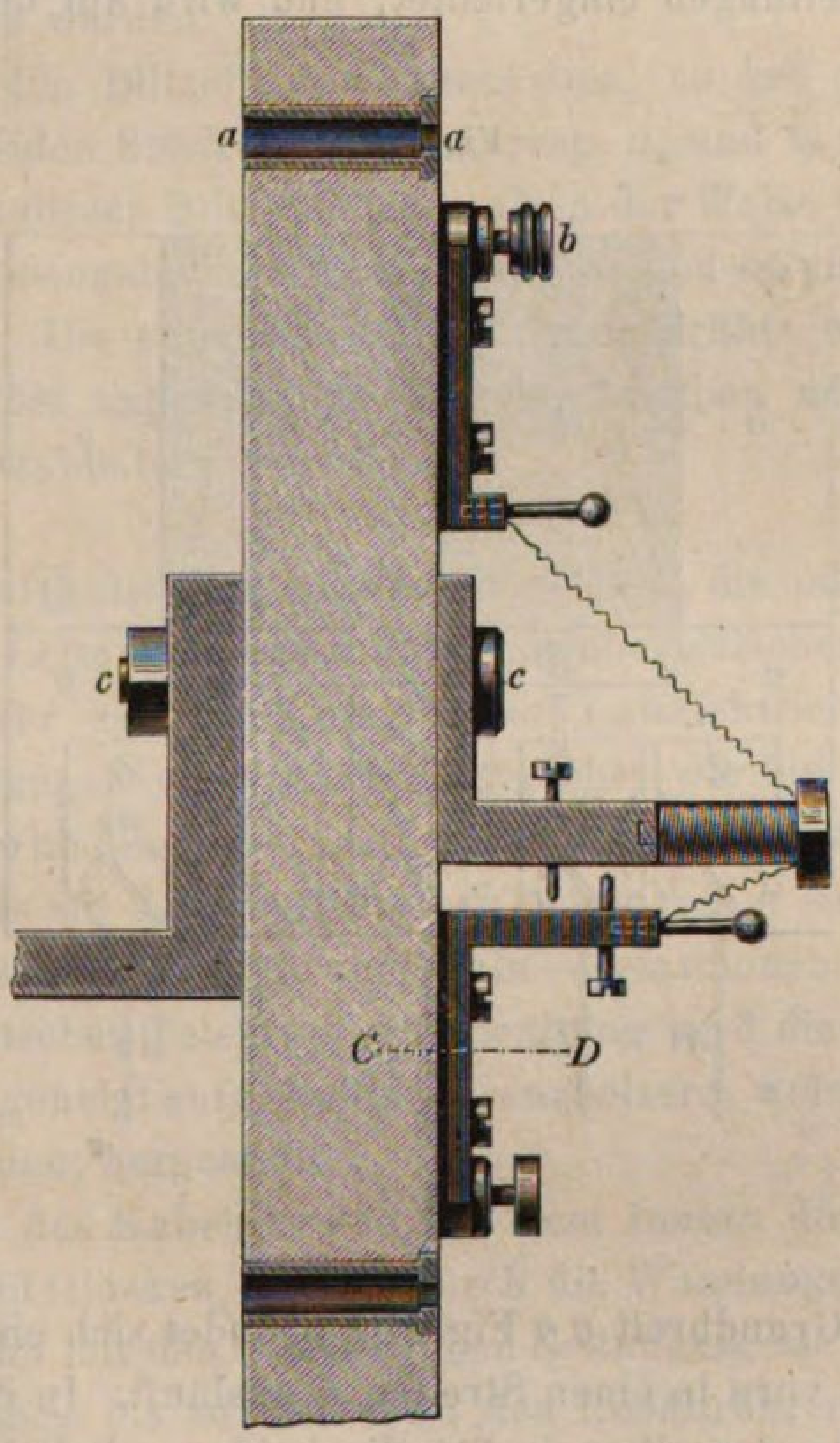
Fig. 130.



werden. Diese Drahtleitungen sind an den Schrauben *b* der Winkelschienen befestigt, die in der Richtung des Radius nach den Löchern einem jeden derselben gegenüber auf der Bodenplatte folgen. Denken wir uns die Bodenplatte senkrecht in der Richtung des Radius durchschnitten, so stellt sich die Form eines jeden der 96 Blitzableiter folgendermassen im Querschnitt dar, wie die Fig. 131 zeigt. Neben den im Kreise stehenden Winkelschienen folgt dann ein kreisförmiger Erdring, der mittelst der Schrauben *c* mit der gusseisernen Erdleitung — dem Zu-

leitungsrohre der Kabel — in leitender Verbindung steht. Der innere Rand des Erdringes trägt einen senkrecht emporstehenden Rand, wie die Figur zeigt, dem gegenüber nach innen ein neuer Kreis von Winkelschienen folgt, welche die Leitungsdrähte von aussen her aufnehmen. Die galvanische Leitung geht in dieser Weise von den inneren Schienen

Fig. 131.



über die feinen Drähte, über die Schrauben der Erdschiene nach den Winkelschienen, die am äusseren Rande des Kreises stehen. Um auf diesem Wege den Widerstand zu vergrössern, durchläuft hier der Strom einen mit Seide besponnenen Neusilberdraht, welcher in den Windungen der hochstehenden Schrauben der Erdschiene aufgewickelt ist, wie dies aus der Figur zu ersehen ist.

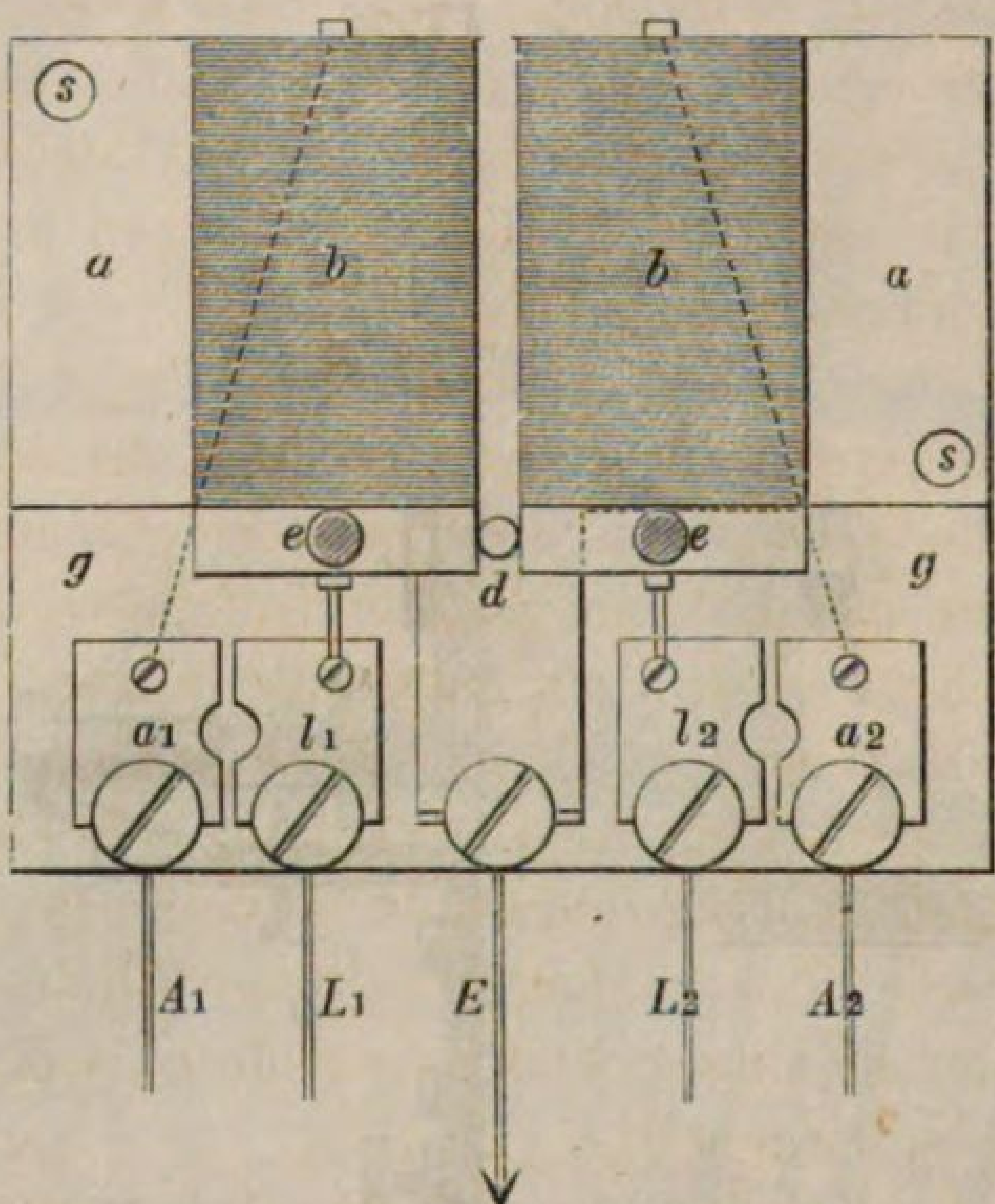
Die Winkelschienen bei *CD* tragen je eine spitze Schraube aus Platin, welche dem Rande der Erdschiene beliebig genähert werden

kann, während der Rand der Erdschiene seinerseits eine ebensolche Platinspitze der Winkelschiene nähert.

Trifft nun ein Blitz irgend welche Leitung, so geht die Elektricität über die Spitzen zur Erdleitung.

8. Gegenwärtig werden in der deutschen Telegraphenverwaltung Blitzableiter benutzt, wie die Fig. 132 einen darstellt. Derselbe ist jedesmal für zwei Leitungen eingerichtet, und wird auf dem Apparattisch selbst befestigt.

Fig. 132.



Auf einem Grundbrett *g g* Fig. 132 befindet sich eine Messingplatte *a a* welche nach vorn in einen Streifen *E* ausläuft. In diese Platte sind durch Ebonit von derselben isolirt die beiden mit Reifeln versehenen Platten *b b* eingelassen. Diese Platten sind mit dem vorn auf dem Grundbrette angebrachten Messingstücken l_1 und l_2 leitend verbunden. Die Messingstücke a_1 und a_2 sind mit dem hintern Theile der Platten *b b* leitend verbunden.

Auf die Platte *a a* wird eine an der untern Seite mit Reifeln versehene Platte, deren Reifeln die auf den Platten *b b* befindlichen Reifeln kreuzen, aufgesetzt und vermittelst zweier Stöpsel bei *s* und *s* befestigt. Zwischen der obern Platte und den beiden Platten *b b* befindet sich ein geringer Zwischenraum.

Das Metallstück E wird mit der Erde, l_1 und l_2 mit den Leitungen, a_1 und a_2 mit den Apparaten verbunden.

Ein die Leitung treffender Blitz gelangt durch l_2 oder l_1 zu einer der Platten b b, springt in die obere Platte über und gelangt von da in die mit derselben in Verbindung stehende untere Platte durch E zur Erde.

Die Löcher e und e dienen dazu, um vermittelst eines Stöpsels jede Leitung direkt mit der untersten Platte also mit der Erde zu verbinden. Durch einen in das Loch d gesteckten Stöpsel können die Leitungen direkt verbunden werden.

Will man den Blitzableiter ausschalten, so hat man die Löcher zwischen den beiden Stücken a_1 und l_1 resp. a_2 und l_2 zu stöpseln. In neuester Zeit ist dieser Blitzableiter noch in der Weise vereinfacht worden, dass die Messingstücke l_1 und l_2 sowie a_1 und a_2 und der Streifen E ganz fortfallen. Die entsprechenden Leitungsdrähte werden durch an den Platten selbst angebrachten Klemmschrauben mit den einzelnen Theilen des Blitzableiters verbunden.

9. **Der Stangenblitzableiter** dient dazu, die unterirdischen oder subaquatischen Leitungen, wenn diese mit oberirdischen Leitungen verbunden sind, vor den Entladungen der Luftelektricität zu schützen. Wenn Kabelleitungen oberirdisch fortgeführt werden sollen, so muss zunächst die Verbindung der Leitungsdrähte des aus der Erde heraustretenden Kabels mit den oberirdischen Leitungen in einer hohlen Säule — der sogenannten Ueberführungssäule — stattfindeu.

In der deutschen Telegraphenverwaltung wird diese Säule aus zwei gegen einander geneigt aufgestellten Kreuzhölzern, welche durch Bretter verbunden werden, hergestellt.

Die Adern des Kabels treten aus dem Innern dieser Säule durch Ebonitröhren mit Glocken, welche durch die Wandungen gehen, heraus, und werden dann mit den oberirdischen Leitungen, die von der nächsten Telegraphenstange bis zu den unter den Ebonitröhren angeschraubten Isolatoren geführt sind, verbunden.

Ein Blitz, der die oberirdischen Leitungen trifft, würde an einer solchen Stelle in das Kabel gelangen und die Elektricität die isolirende Hülle desselben durchbrechen. Um dies zu verhindern, wird an der letzten Stange, an welcher die oberirdisehen Leitungen abgespannt werden, und wo der schwere Leitungsdraht in leichten von 2,7^{mm} Durchmesser übergeht, ein sogenannter Stangenblitzableiter Figur 133 angebracht.

In dem obern Theile der Ebonitdoppelglocke a, ist eine mit con-

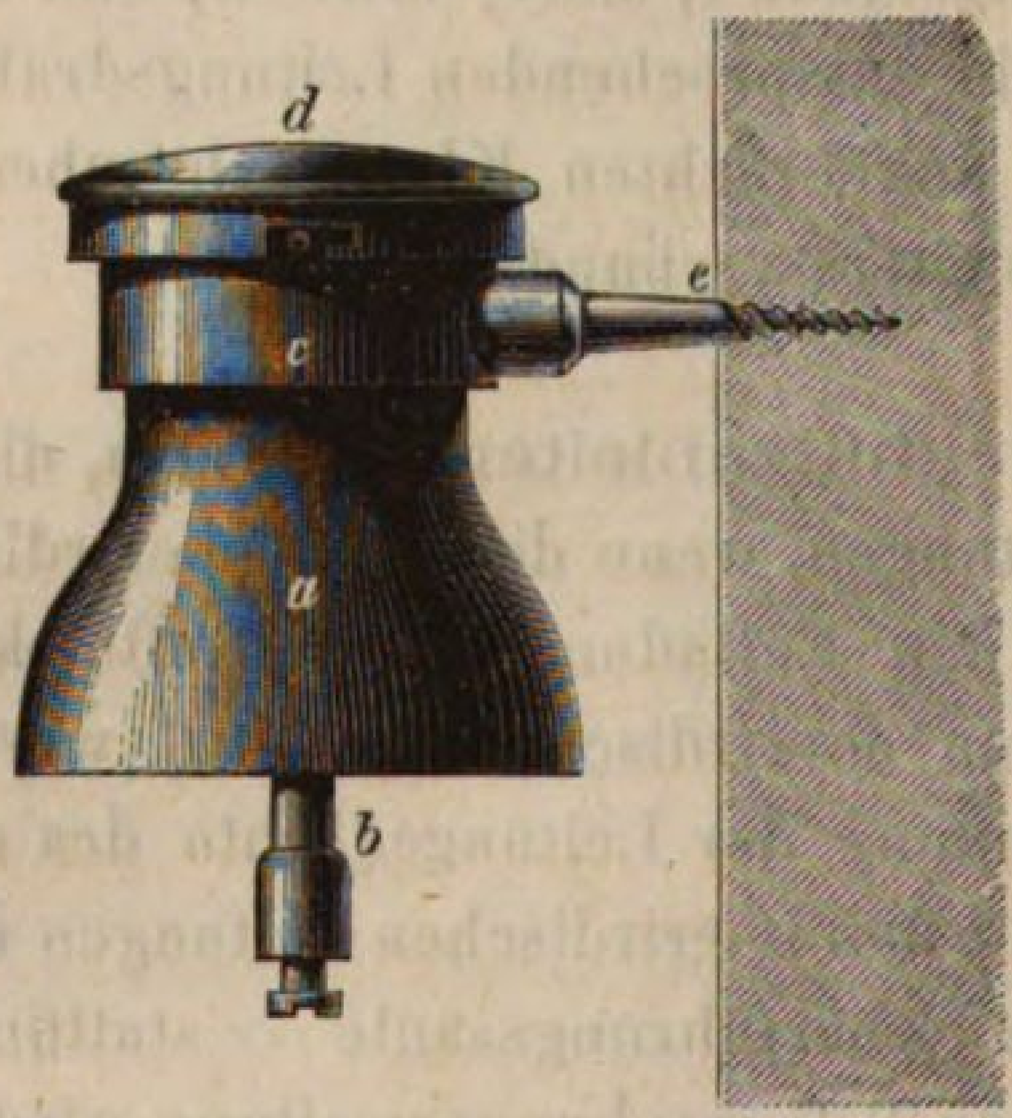
centrischen Reifeln versehene Messingplatte befestigt, von welcher aus nach unten die mit einer Schraube versehene Messingstange *b* führt.

Oben ist der Isolator mit dem Messingringe *c*, an welchem sich die eiserne Schraube *e* befindet, umgeschnürt.

Auf diesen Ring wird ein Deckel *d*, welcher ebenfalls eine mit concentrischen Reifeln versehene Messingplatte enthält, aufgesetzt, so dass sich zwischen dieser und der innern Platte nur ein ganz geringer Zwischenraum befindet.

Der Blitzableiter wird über dem, die oberirdische Leitung tragenden Isolator an die Stange geschraubt, *b* durch einen Draht mit der Leitung

Fig. 133.



verbunden und von *e* aus ein Draht an der Stange herunter bis in die Erde geführt. Zur Verbindung dieses Erddrahtes mit *e* dient ein besonderes in *e* eingeschraubtes glattes Ansatzstück, welches anderseits noch durch eine Schraube an der Stange befestigt wird. Um diese Schraube wird der Erddraht gelegt und vermittelst dieser zwischen der Schraube und dem Ansatzstück festgeklemmt.

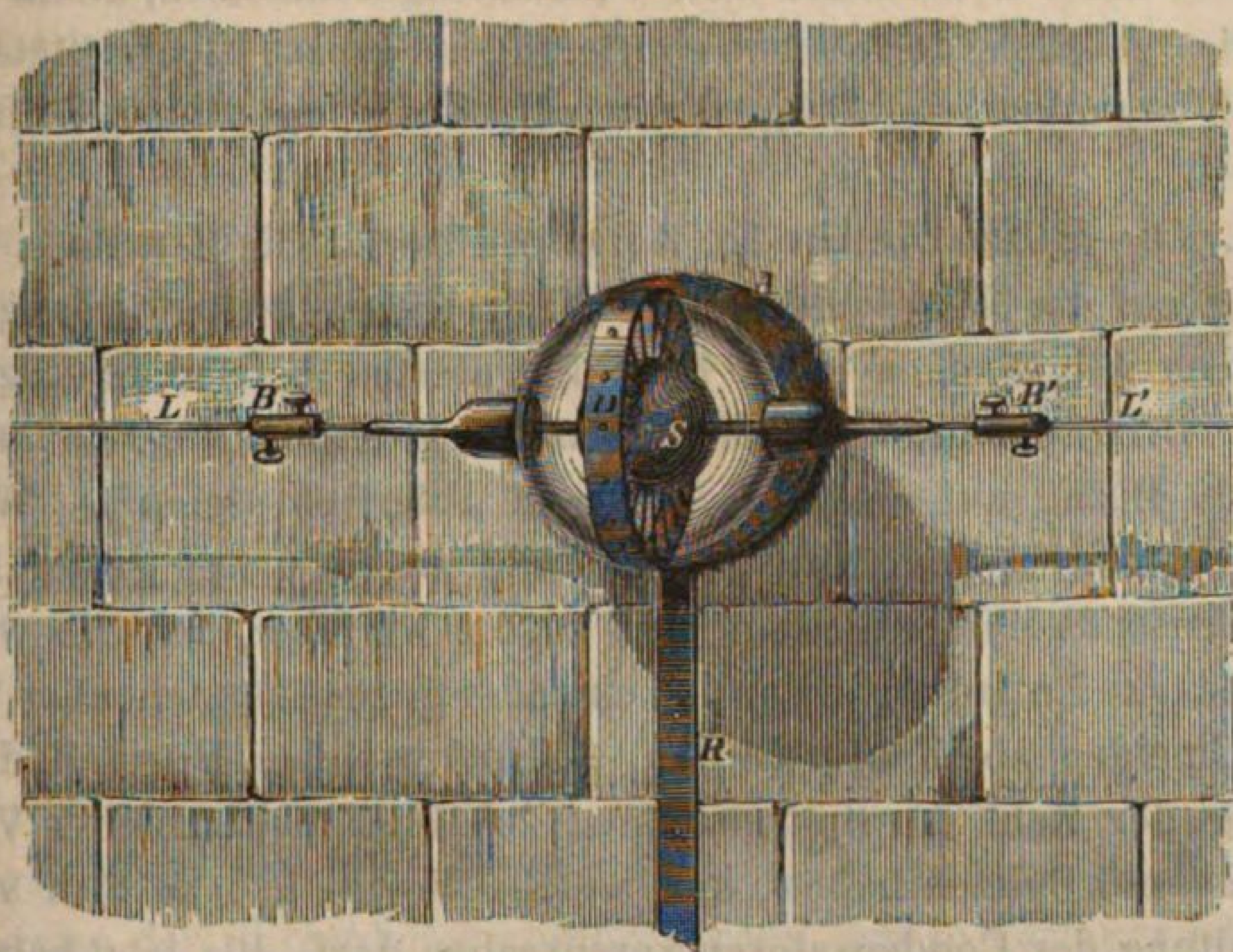
Die durch die oberirdische Leitung entladene Luftelektricität springt dann von der innern Platte auf die Platte *d* über und gelangt in die Erde.

Blitzableiter dieser Art werden gegenwärtig in der deutschen Telegraphenverwaltung allgemein angewendet.

10. Blitzableiter von Bianchi. Schliesslich will ich noch eines Blitzableiters erwähnen, der seiner eigenthümlichen Einrichtung wegen Beachtung verdient, obgleich er wohl nicht im Gebrauch ist.

Derselbe ist von Bianchi[1]). Er besteht aus einer Metallkugel, welche in den Leitungsdraht der Linie eingeschaltet ist, wie die Fig. 134 zeigt. Diese Metallkugel umschliessen concentrisch zwei Glashalbkugeln, die mittelst eines breiten und starken Kupferringes, in dem sie festgekittet sind, zusammengehalten werden. Dieser Kupferring ist an der Stelle, wo die Glashemisphären zusammentreffen, mit Spitzen besetzt, die nach dem Centrum der Metallkugel gerichtet sind, und bis dicht an dieselbe heranreichen. Ausser diesen Spitzen reichen durch das Glas

Fig. 134.



hindurch noch die beiden Liniendrähte und eine Röhre mit einem Hahne, durch welche die Glaskugel luftleer gemacht werden kann. Dieser Apparat ist an einer starken Metallplatte befestigt und ausserhalb des Gebäudes an der Mauer angebracht. Die Metallplatte steht mit den die Glaskugeln haltenden Ringe in leitender Verbindung, und leitet durch einen Metallstreifen zur Erde ab. In welcher Weise hierbei die Ableitung begünstigt wird, bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung.

Die Zahl der sonst noch vorgeschlagenen und auch versuchten Blitzableiter ist sehr gross, allein von allen bis jetzt versuchten und noch in Anwendung befindlichen muss im Allgemeinen das Urtheil gefällt werden, dass der Schutz, den sie gewähren, kein ganz zuverlässiger ist. Alle diese bis jetzt bekannten Ableiter würden dann richtig

[1]) Du Moncel Exposé des applications de l'éctricité III. pag. 197.

verwandt werden, wenn man sie bei drohender Gefahr nur so lange als Vorsichtsmittel benutzen könnte, bis man im Stande gewesen wäre, sämmtliche Liniendrähte mit der Erde zu verbinden, und also alle Apparate auszuschalten. Allein dies ist in der Praxis wegen der dadurch eintretenden Betriebsstörungen nicht ausführbar, da während eines Gewitters die Correspondenz nicht unterbrochen werden darf.

Erst im Juni 1861 wurden auf dem hiesigen Centralbureau mehrere Relais und Galvanometergewinde geschmolzen, während doch der zu diesen gelangende Strom erst eine sehr feine Spirale zu durchlaufen hat. Diese hatte er natürlich auch zusammengeschmolzen, allein es war, bevor dies geschah, doch schon eine genügend grosse Elektricitätsmenge hindurch gegangen, um die genannten Bschädigungen herbeizuführen.

11. Die Blitzableiter im Allgemeinen. Die Resultate, welche in Bezug auf die Wirksamkeit des Blitzableiters bisher erlangt sind, können im Allgemeinen nicht im Entferntesten befriedigend genannt werden. Brix behauptet mit Recht, dass nicht einmal die Fundamentalfragen in Bezug auf diesen Gegenstand aufgehellt seien[1]). Wie wir wissen, kommt es immer auf solche Fälle an, in denen grosse Massen von Elektricität sich entladen. Nun wissen wir aber nicht, in welchem Maasse starke Entladungen von den einander gegenüberstehenden Spitzen oder Schneiden abgeführt werden, ob und welchen Vortheil die Vermehrung der Zahl der Spitzen bietet, ob Plattenblitzableiter Vorzüge vor denen mit Spitzen haben, und welche Vortheile man sich von der Einschaltung der Condensatoren versprechen darf. Bis jetzt haben sich die Plattenblitzableiter allgemein noch als vortheilhaft erwiesen.

Zunächst sind einige Fingerzeige hinsichtlich der Aufstellung und Einschaltung irgend welcher Blitzableiter zu beachten. In erster Linie sind grosse Dimensionen der Leiter zur Erde erwünscht, welche ausserdem grosse Leitungsfähigkeit besitzen und bis in feuchtes Erdreich fortgeführt sein müssen. Die Ansicht, dass es bei einem Blitzableiter weniger wie bei einer Telegraphenleitung auf gute Leitung ankomme, ist dahin zu berichtigen, dass es bei dem ersteren nicht auf eine kurze Unterbrechung, wohl aber darauf ankomme, dass der Leiter im Stande ist auch die grössten Mengen atmosphärischer Elektricität aufzunehmen. Nur in diesem Falle kann der Blitzableiter, welche Construction er auch haben mag, die Apparate vor Blitzschaden schützen. Das lässt sich

[1]) Brix Journal VIII. pag. 132.

ohne Zweifel bestimmen, dass man den Leitungen dieselben Dimensionen geben muss, welche man bei anderen Blitzableitern für nöthig befunden hat. Kuhn hat aber in Bezug auf diese Ableiter für Gebäude angegeben: „dass zu dieser Leitung, wenn ihre Länge bis zum feuchten Erdreich nicht über 19^{m} beträgt, eine Rundeisenstange von 1,3^{cm} Durchmesser, oder ein massiver Kupferdraht von 5,4^{mm} Durchmesser, oder ein Kupferdrahtseil von entsprechender Leitungsfähigkeit ausreichend, aber auch nothwendig sei".

Auf manchen Stationen hat man für die Apparate andere Erdableitungen als für die Blitzableiter, und zwar da, wo die Erdleitung für die Apparate zu viel Uebergangswiderstand haben würde, während für die Blitzableiter stets der kürzeste Weg zur Erde der vortheilhafteste ist. Natürlich können beide dieselbe Erdleitung haben, wenn die genannten Bedingungen zusammenfallen. In vielen Fällen, wo Beschädigungen durch den Blitz stattgefunden haben, sagen immer die Berichte, dass die Leitungen zur Erde abgeleitet waren. Wenn nun dessen ungeachtet Beschädigungen eintreten, so ist dies ein schlagender Beweis, dass die Unzulänglichkeit der Erdableitung des Blitzableiters daran Schuld ist. Wie sollte der Blitz durch die Apparate schlagen, wenn er einen genügend bequemen Weg durch den Blitzableiter gehabt hätte. Man pflegt bei vielen dieser Anlagen nicht die obwaltenden Verhältnisse zu berücksichtigen. Die Mengen der Elektricität, welche bei einem Blitze abgeleitet werden müssen, vertheilen sich auf die vorhandenen Leitungswege im Verhältniss der Leitungsfähigkeit derselben. Je grössere Quanta also der Blitzableiter abführen kann, um so geringer ist die Gefahr für die Apparate.

Noch ist hervorzuheben, dass früher zwischen dem Blitzableiter und den Apparaten Widerstandsrollen geschaltet wurden, um dem Blitz das Ueberspringen nach den Apparaten zu erschweren. Bei den eingeführten Plattenblitzableitern ist dieses Prinzip aufgegeben um den Leitungswiderstand nicht so erheblich zu vermehren. Da es bekanntlich nicht festgestellt werden kann, ob der Blitz aus der Luft in die Erde fährt, oder den umgekehrten Weg nimmt, so hätte man ebensoviel Grund, solche Widerstände auch zwischen der Erde und den Apparaten einzuschalten.

ohne Zweifel bestimmen, dass man den Leitungen dieselben Dimensionen geben muss, welche man bei anderen Blitzableitern für nöthig befunden hat. Kuhn hat also in Bezug auf diese Ableiter für Gebäude angegeben, „dass zu dieser Leitung, wenn ihre Länge bis zum feuchten Erdreich nicht über 10° beträgt, eine Rundeisenstange von 1,3''' Durchmesser, oder ein massiver Kupferdraht von 5,1''' Durchmesser, oder ein Kupferdrahtseil von entsprechender Leitungsfähigkeit ausreichend, aber auch nothwendig sei".

Auf manchen Stationen hat man für die Apparate andere Erdableitungen als für die Blitzableiter, und zwar da, wo die Erdleitung für die Apparate zu viel Uebergangswiderstand haben würde, während für die Blitzableiter stets der kürzeste Weg zur Erde der vortheilhafteste ist. Natürlich können beide dieselbe Erdleitung haben, wenn die genannten Bedingungen zusammenfallen. In vielen Fällen, wo Beschädigungen durch den Blitz stattgefunden haben, ergab immer die Bericht, dass die Leitungen zur Erde abgeleitet waren. Wenn nun dessen ungeachtet Beschädigungen eintreten, so ist dies ein schlagender Beweis, dass die Unzulänglichkeit der Erdableitung des Blitzableiters daran Schuld ist. Wie sollte der Blitz durch die Apparate schlagen, wenn er einen genügend bequemen Weg durch den Blitzableiter gehabt hätte. Man pflegt bei vielen dieser Anlagen nicht die obwaltenden Verhältnisse zu berücksichtigen. Die Mengen der Elektricität, welche bei einem Blitze abgeleitet werden müssen, vertheilen sich auf die vorhandenen Leitungswege im Verhältniss der Leitungsfähigkeit derselben. Je grössere Quanta also der Blitzableiter ableiten kann, um so geringer ist die Gefahr für die Apparate.

Noch ist hervorzuheben, dass früher zwischen dem Blitzableiter und den Apparaten Widerstandsrollen geschaltet wurden, um dem Blitz das Ueberspringen nach den Apparaten zu erschweren. Bei den eingeführten Plattenblitzableitern ist dieses Princip aufgegeben, um den Leitungswiderstand nicht so erheblich zu vermehren. Da es bekanntlich nicht festgestellt werden kann, ob der Blitz aus der Luft in die Erde fährt, oder den umgekehrten Weg nimmt, so hätte man ebensoviel Grund, solche Widerstände auch zwischen der Erde und den Apparaten einzuschalten.

V. Abschnitt.

Die frühere Telegraphie.

§. 1.

Die Telegraphie vor Anwendung des Elektromagnetismus.

1. Ohne Anwendung der Elektricität. Bei dem von jeher vorhanden gewesenen Bedürfniss der Mittheilung in die Ferne ist es nur zu verwundern, dass erst in der neuesten Zeit die Bestrebungen nach einer ausführlichen Correspondenz eine mehr systematische Grundlage erhalten haben.

Zwar hat man schon in der ältesten Zeit durch Eindrücke auf das Auge, als den unmittelbar am weitesten reichenden Sinn, in die Ferne zu correspondiren gesucht; allein vor der Erfindung des Fernrohres war natürlich von einer systematischen Entwickelung der Telegraphie selbst mittelst dieses Sinnes nicht die Rede, da ja die Entfernungen verhältnissmässig doch nur gering sind, innerhalb welcher man auch sehr grosse Zeichen mit dem blossen Auge untrüglich zu erkennen vermag. Doch auch nach der Erfindung der Fernröhre, die man in den Anfang des 17. Jahrhunderts verlegen muss, hat man dieses nun für die Telegraphie dargebotene Mittel noch nicht benutzt. Erst dem Ende des vorigen Jahrhunderts blieb dieser der geistigen Entwicklung so förderliche Fortschritt vorbehalten, den wir unzweifelhaft dem Franzosen Chappe verdanken.

Es bedarf keiner grossen Auseinandersetzung, um die erheblichen Mängel der zu Anfang dieses Jahrhunderts ausgebildeten optischen Telegraphie im Vergleich zu der später entwickelten elektrischen erkennen zu lassen, Mängel, welche ihren Grund in den meteorologischen Verhältnissen unserer Erdoberfläche haben. Erst die Anwendung des Elektromagnetismus hat es ermöglicht, alle früheren Hindernisse für eine umfassende Telegraphie zu beseitigen, und somit sogar Raum und Zeit in dieser Beziehung zu überwinden.

2. Die elektrische Telegraphie mittelst der Reibungselektricität. Bei sehr vielen Erfindungen ist ihr erster Ursprung deshalb ungewiss, weil die Meinungen darüber verschieden sind, ob eine einmal

irgendwo ausgesprochene unklare Idee, oder die später vielleicht daraus sich entwickelnde Angabe einer praktisch ausführbaren Einrichtung, die Erfindung genannt werden soll. Gewiss sind die Leser dieses Buches damit einverstanden, dass einem geistreichen Sachverständigen das Verdienst der Erfindung zuerkannt werden muss, der einen Apparat herstellt, dessen praktische Anwendung veranschaulicht wird, nicht aber demjenigen, der in unbestimmter Weise ohne wissenschaftlichen Grund eine unklare Andeutung macht.

Wer dieser Ansicht beipflichtet, dem muss es unerklärlich erscheinen, wie eine Notiz die Runde durch alle wissenschaftlichen physikalischen Journale machen und somit gleichsam Anerkennung finden konnte, welche die Ueberschrift trägt: „Die erste Idee zum elektrischen Telegraphen," und in der es heisst[1]): Herr Heineken macht darauf aufmerksam[2]), dass schon über hundert Jahre früher in Daniel Schwenter's mathematisch-philosophischen Erquickungs-Stunden (Nürnberg 1636) folgende Aufgabe gestellt werde:

„Wie mit dem Magnetzünglein zwo Personen einander in die Ferne etwas zu verstehen geben mögen."

„Wann Claudius zu Paris und Johannes zu Rom wäre, auch einer dem anderen etwas zu verstehen geben wollte, müsste jeder einen Magnetzeiger oder Zünglein haben, mit dem Magnet so kräftig bestreichen, dass es ein anderes von Paris zu Rom beweglich machen könnte. Nun möchte es sein, dass Claudius und Johannes jeder einen Compasten hätte, nach der Zahl der Buchstaben in dem Alphabet getheilet, und wollten einander etwas zu verstehen geben, allezeit um 6 Uhr des Abends. Wann sich nun das Zünglein $3^1/_2$ Mal umwendet von dem Zeichen, welches Claudius dem Johannes gegeben, sagen wollte: „Komm zu mir," so möchte er sein Zünglein still stehen oder bewegen machen, bis in das *K*, darnach auf dem *O*, drittens auf dem *M*, und sofort, wann nun eben in solcher Zeit sich des Johannes Magnetzünglein auf gedachte Buchstaben ziehet, könnte es leichtlich des Claudii Begehren verzeichnen und ihn verstehen." —

Dass hierdurch der Gedanke des elektromagnetischen Telegraphen, oder überhaupt die Möglichkeit der Telegraphie mittelst eines Magneten, ausgesprochen sei, kann doch gewiss nur Jemand behaupten, der entweder die Sache nicht versteht, oder der dem eigentlichen Erfinder seinen Ruhm zu schmälern beabsichtigt. Anders verhält es sich aber mit den schrittweise zu verfolgenden Ideen, die nach und nach ange-

[1]) Pogg. Ann. 82 pag. 335. [2]) Phil. mag. 1830 Dez.

geben sind, bis man endlich auf die vollständige Entwicklung eines elektromagnetischen Apparates gekommen ist, dessen wirkliche Anwendung die Ausführbarkeit des Vorschlages garantirte.

Schon vor der Bekanntschaft mit dem Galvanismus sind Vorschläge zu einer Telegraphie mittelst Reibungselektricität gemacht worden.

Als den ersten, welcher Anwendung von der Reibungselektricität zum Telegraphen macht, muss man wohl Lesage nennen[1]). Er stellte in Genf im Jahre 1774 einen elektrischen Telegraphen mittelst 24 von einander getrennter Metalldrähte her. Jeder Draht correspondirte mit einem besonderen Elektrometer aus einem an einem Faden aufgehängten Hollundermarkkügelchen, deren jedes einem der Buchstaben entsprach, und das durch eine Elektrisirmaschine je nach Verbindung mit seinem entsprechenden Drahte in Bewegung gesetzt wurde und so den beabsichtigten Buchstaben bezeichnete.

Lomond verfertigte ums Jahr 1787 einen Telegraphen, zu dem er nur einen Draht und ein paar Hollunderkügelchen benutzte. Reiher 1794 wendet den elektrischen Funken zur Bezeichnung der Buchstaben an. Salva legte der Akademie der Wissenschaften in Madrid 1796 seine Erfindung eines elektrischen Telegraphen vor, dessen sich später der Infant Antonio bediente.

Desgleichen sind noch mehrere Anwendungen der Elektricität vorgeschlagen und auch in engen Kreisen angewandt worden, allein wir müssen über alle diese Telegraphen mit Moigno sagen[2]), dass alle die vorgeschlagenen und auch versuchten Projecte einer Telegraphie mittelst der Reibungselektricität, also der Anwendung eines so inconstanten, so eigensinnigen, so ungleichmässigen, so mühselig zu erzeugenden, und so schwierig zu unterhaltenden Kraft, fast unmöglich zu realisiren sind, wenigstens zum regelmässigen Dienst. Die Urheber dieser Entwürfe können nicht das Recht der Erfindung der elektrischen Telegraphie beanspruchen.

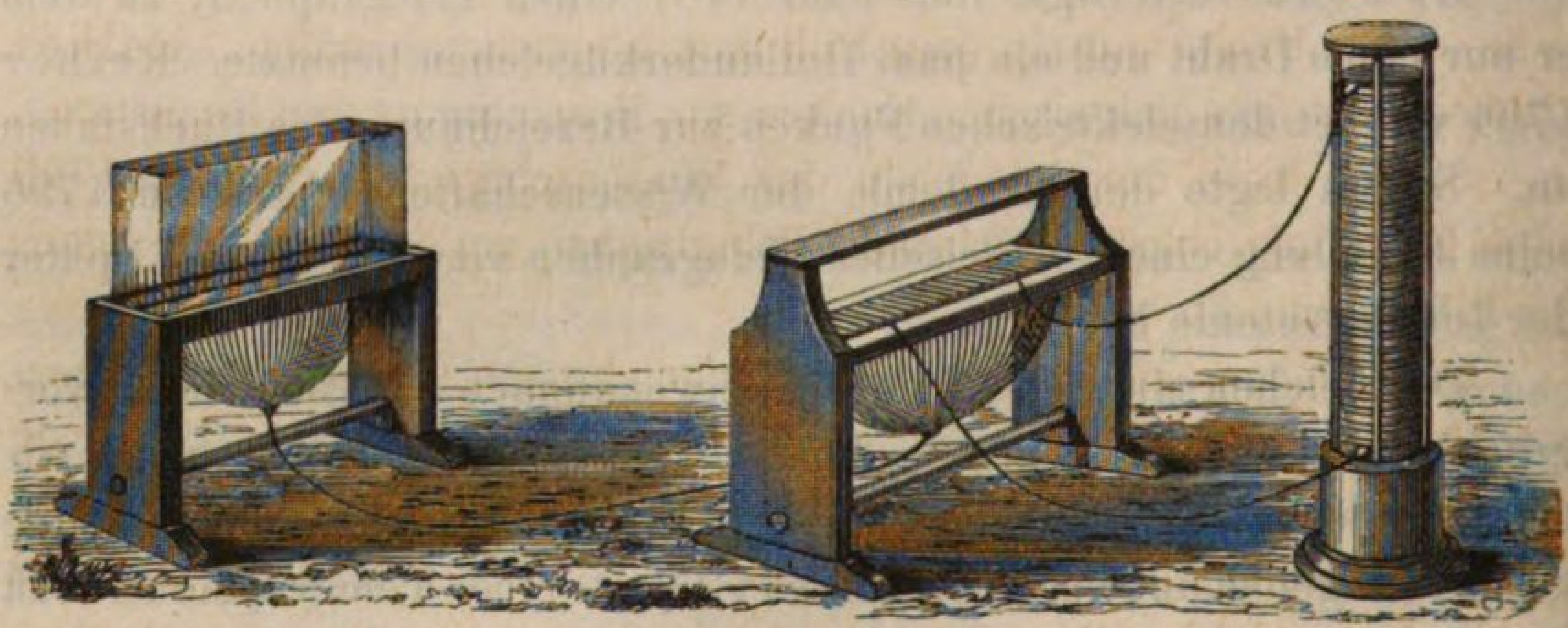
3. Der Galvanismus. Erst mit der Entdeckung Volta's ward die Aussicht auf eine zuverlässige Telegraphie gegeben, deren Ausführung aber erst nach Oersted in sicherer Weise möglich war. Denn wenngleich zwar der elektrische Strom das einzige bis jetzt bekannte Mittel ist, irgend eine Kraftäusserung auf grosse Entfernung hin sicher fortzupflanzen, so ist doch das durch denselben allein gegebene Mittel zur Herstellung eines Telegraphen nach dem in jener Zeit gemachten

[1]) Moigno Télégraphie électrique p. 59. [2]) Télégraphie électrique p. 70.

Vorschlage, wenn nicht absolut unanwendbar, so doch im Vergleich mit den jetzigen Ausführungen sehr kostspielig. Ein solcher Telegraph auf die chemische Wirkung der galvanischen Säule basirt, dessen praktische Anwendung nicht in der Unmöglichkeit lag, wurde in der That vor Oersted's Entdeckung im Jahre 1808 von Sömmering, Mitglied der Academie der Wissenschaften zu München, construirt[1]).

Auf dem Grunde eines Gefässes mit Wasser befestigte dieser Physiker 35 (später nur 27) Goldspitzen, deren jede mit je einem Buchstaben und einer der 10 Ziffern 0 bis 9 bezeichnet war. Von diesen Spitzen gingen Kupferdrähte nach dem Gefässe, in welches die beiden Pole der galvanischen Säule geführt wurden. Zur Aufnahme dieser Leitungsdrähte von den Polen aus waren dieselben mit Knöpfen ver-

Fig. 135.



sehen, wogegen ein jeder der 35 resp. 27 Leitungsdrähte an seinem Ende einen Messingcylinder hatte, in den man den Knopf der Leitungsdrähte von der Säule befestigen und so die leitende Verbindung herstellen konnte.

Die Fig. 135 stellt einen solchen Apparat dar, der nach dem vorher bemerkten an sich verständlich ist. Gesetzt nun der Telegraphirende bringt den Knopf, welcher dem Pole des Wasserstoffes angehört, mit dem Messingcylinder für den Buchstaben *B* und den des Sauerstoffpoles mit dem für *E* in Verbindung. Hierdurch ist eine Verbindung der Pole der Säule mittelst der Drahtleitung ausserhalb hergestellt. Die Leitung des einen Poles führt bis zu der Spitze *B* in dem Troge, und der andere Pol bis zur Spitze *E*. Von beiden Spitzen sieht man Glasblasen aufsteigen. Es sind somit zwei Buchstaben bezeichnet, deren Reihenfolge

1) Dinglers Journal 67 pag. 388.

dadurch bestimmt war, dass der Wasserstoffpol stets den Anfang machte. Wird darauf z. B. der Knopf von *B* nach *R* gebracht, so steigen jetzt Glasblasen in *R* und *E* auf, der Beobachter verzeichnet den Buchstaben *R*. Wandert dann der andere Knopf nach *L*, dann wieder der erste nach *I* und endlich noch der zweite nach *N*, so ist das Wort Berlin telegraphirt. Neben dem Zeichenempfänger war gleichzeitig ein sogenannter Wecker angebracht, der den Beobachter auf den Beginn einer Nachricht aufmerksam zu machen hatte.

4. Bedenken gegen die Ausführbarkeit. Nach den jetzigen Erfahrungen steht der Möglichkeit der Ausführung dieses Telegraphen nichts entgegen, und man könnte, verglichen mit den jetzigen Apparaten, ihm nur Langsamkeit und Kostspieligkeit zum Vorwurf machen. Der Meinung waren aber die Zeitgenossen Sömmerings nicht. Ein Lehrer der Physik am sächsischen Cadettencorps, Praetorius, wendet gegen den Sömmering'schen Vorschlag unter mehrerem Anderen auch Folgendes ein[1]:

1. Hinsichtlich der Leitung des Stromes sagt er: „Dieses liesse sich, meiner Meinung nach, höchstens auf 1000 Fuss bewirken. Herr Sömmering will aber auf diesem Wege eine Nachricht auf 22827 par. Fuss oder eine deutsche Meile und noch weiter fortleiten."

2. In Bezug auf die technische Ausführung sagt Praetorius, nachdem er bemerkt hat, dass das aus den 35 Drähten bestehende Seil nicht aus mehreren Stücken zusammengesetzt werden könnte: „Nun frage ich Herrn Sömmering, auf welcher Seilerbahn er sein meilenlanges Seil aus den 35 Drähten will zusammendrehen lassen?" Was würde Praetorius jetzt zu den unterseeischen Kabeln sagen?

3. Auch die Anlegung eines Grabens von 3 Fuss Tiefe hält er für unausführbar, und rechnet, dass der neue Telegraph einen 8 mal so hohen Preis wie ein optischer erhalten würde. „Und für diese 8 mal grösseren Kosten", schliesst Praetorius seine Opposition, „hätte man weiter keinen Vortheil gewonnen, als dass man während eines Regens oder Nachts fortarbeiten könnte." —

§ 2.

Vorschläge zu elektromagnetischen Telegraphen.

1. Die Erfinder. Bald nach Oersteds wichtiger Entdeckung des Elektromagnetismus wurden von verschiedenen Seiten her Vor-

[1]) Gilb. Ann. 39 pag. 116.

schläge zur Anwendung derselben für die Telegraphie gemacht, welche sich zum Theil an die Idee von Sömmering anschlossen. Allein man kommt in der That in Verlegenheit, wenn man die so oft gestellte Frage nach dem Erfinder des elektromagnetischen Telegraphen beantworten soll. Soll man den den Erfinder nennen, welcher zum ersten Male die Idee einer Telegraphie auf diesem Wege ausgesprochen hat, dann dürfte wohl Ampère genannt werden; soll man aber den so nennen, welcher zum ersten Male den Vorschlag zu einem Telegraphen gemacht hat, dessen Anwendung nicht deshalb unterblieb, weil die Furcht vor den Schwierigkeiten bei der Ausführung zurückschreckte, so muss der russische Baron Schilling genannt werden; nennt man endlich den den Erfinder, welcher einen solchen Telegraphen wirklich zum ersten Male zur Ausführung gebracht und zur Telegraphie benutzt hat, dann müssen wir die Göttinger Professoren Gauss und Weber nennen.

2. Vorläufer der Erfindung. Der Vorschlag Ampère's zu einem Telegraphen findet sich in den Annales de physique et de chimie XV. pag. 72 vom 2. October 1820, wo es heisst: „Nachdem der Oersted'schen Entdeckung und der Beobachtung Erwähnung geschehen, dass noch auf grosse Entfernung hin ein galvanischer Strom eine Nadel abzulenken vermöge, könnte man mit eben so viel Leitungsdrähten und Magnetnadeln, als es Buchstaben giebt, wenn man jeden Buchstaben auf eine andere Nadel brächte, mit Hülfe einer fern von diesen Nadeln aufgestellten Säule, und wenn man abwechsend ihre beiden Pole mit jedem der Leiter in Verbindung brächte, eine Art von Telegraphen herstellen, der geeignet wäre einer entfernten, mit der Beobachtung der auf den Nadeln angebrachten Buchstaben beauftragten Person, alle Einzelheiten zu schreiben. Richtete man über der Säule ein Klavier ein, dessen Tasten dieselben Buchstaben trügen und die Verbindung durch ihr Niedergehen herstellten, so würde dieses Correspondenzmittel mit genügender Leichtigkeit statthaben und nicht mehr Zeit erfordern, als nöthig ist, um auf der einen Station die Tasten zu berühren, und auf der anderen die Buchstaben abzulesen".

Eben so wenig wie der Vorschlag Sömmering's kam der von Ampère zur Ausführung. Bei beiden war die Complicirtheit der Leitung das Haupthinderniss der Realisirung. Unter den nach dem Ampère'schen Prinzip hergestellten Modellen verdient das von Ritchie Erwähnung.

Der Baron Schilling v. Canstadt, wirklicher russischer Staatsrath, hatte das Verdienst, im Jahre 1832 statt der oben genannten Vor-

schläge andere gemacht zu haben, nach denen die Vorrichtungen um Vieles vereinfacht werden sollten, so dass der praktischen Ausführung derselben nichts im Wege gestanden hätte. Vor Allem will er nur zwei Drähte in Anwendung bringen, in welcher Einrichtung doch zunächst die wichtigste Vereinfachung der Telegraphen besteht. Sein Vorschlag über die Art, die Zeichen zu geben, ist mit der Ausführung von Gauss und Weber in Uebereinstimmung. Auch die Idee des Weckers ist bereits in Schilling's Modell aufgenommen[1]). Er experimentirte mit seinem Telegraphen bereits vor dem Kaiser Alexander und später vor Nicolaus, allein die wirkliche Einrichtung kam nicht zu Stande, weil Schilling vor der Ausführung starb[2]).

3. Arten der Telegraphen. Ueberblicken wir die Reihe der jetzt zu beschreibenden Telegraphen, so finden wir, dass dieselben zunächst in zwei grosse Abtheilungen zerfallen, nämlich in elektromagnetische und in elektrochemische. Unter den ersteren müssen wir wieder vier Arten unterscheiden, so dass also im Ganzen fünf wesentlich von einander unterschiedenen Arten theils sich in Gebrauch befunden haben, theils sich noch jetzt in Gebrauch befinden. Es ist hierbei besonders hervorzuheben, dass unter den in diesem Abschnitt zusammengestellten Telegraphen, obgleich derselbe „die frühere Telegraphie" genannt ist, keineswegs diejenigen Telegraphen verstanden sein sollen, welche sich nicht mehr im Gebrauche befinden, sondern vielmehr diejenigen, welche früher erfunden wurden und allerdings auch durch neuere Erfindungen bedeutend von dem Terrain eingebüsst haben, welches sie früher einnahmen, so dass sie theilweise nur noch in beschränktem Masse lokalen und besonderen Zwecken dienen.

Als die fünf am schärfsten von einander geschiedene Arten der Telegraphie müssen wir nennen:

1. Die Nadeltelegraphen,
2. Die Zeigertelegraphen,
3. Die Schreibtelegraphen,
4. Die Typendrucktelegraphen,
5. Die chemischen Telegraphen.

Im Allgemeinen gehören die beiden ersten Arten vor allem nach der historischen Reihenfolge ihres Auftretens, mehr oder weniger auch nach ihrer jetzigen Anwendung, zu den früheren Telegraphen, und ich

[1]) Allgem. Bauzeitung 1837 No. 52, pag. 440. [2]) Moigno Télégraphie élect. pag. 80.

habe deshalb alle auf diesem Gebiete gemachten Erfindungen in dem mit „früherer Telegraphie“ bezeichneten Abschnitt aufgeführt.

Dass hieher nicht allein diejenigen Telegraphen zu zählen sind, welche sich nicht mehr im Gebrauch befinden, erhellt am deutlichsten aus den Nadeltegraphen. Während nämlich der erste zur Anwendung gekommene Telegraph ein Nadeltelegraph war, ist noch jetzt in England ein von Wheatstone und Cooke erfundener Nadeltelegraph in Gebrauch.

Unter den Zeigertelegraphen werden wir der Reihe nach den von Wheatstone, von Siemens und Halske, von Bréguet und den von Kramer beschreiben, denen sich dann noch wegen einiger Eigenthümlichkeiten einer von Froment anreiht. An diese durch den Strom einer galvanischen Säule in Bewegung gesetzten Nadeltelegraphen, schliessen sich dann noch diejenigen, welche durch Induktionsapparate bewegt werden.

Ausser dem ersten Telegraphen von Gauss und Weber sind überhaupt noch solche sogenannte Induktionszeiger von Wheatstone, von Stöhrer und in neuerer Zeit von Siemens und Halske construirt. Sie unterscheiden sich von einander besonders durch die Art in der der wirkende Strom erzeugt wird.

Endlich gehört in diesen Kreis noch ein chemischer Telegraph, nämlich der von Davy, welcher nur historisches Interesse hat, weil er wohl nie zur Anwendung gekommen ist.

I.
Die elektromagnetischen Nadeltelegraphen.

§ 3.
Gauss und Weber.

1. **Bericht über den Telegraphen.** Erst den Göttinger Physikern Gauss und Weber gelang es, durch Vereinfachung der Leitung im Jahre 1833 einen elektromagnetischen Telegraphen herzustellen, den sie selbst praktisch anwandten.

In einem Berichte über die magnetischen Beobachtungen dieser

Gelehrten heisst es in Bezug auf den Telegraphen[1]): „Mit diesen Einrichtungen steht eine grossartige und bisher in ihrer Art einzige Anlage in Verbindung, die man Herrn Professor Weber verdankt. Dieser hat bereits im vorigen Jahre von dem physikalischen Cabinet aus über die Häuser der Stadt hin bis zur Sternwarte eine doppelte Drahtverbindung geführt, welche gegenwärtig von der Sternwarte bis zum magnetischen Observatorium fortgesetzt ist. Dadurch bildet sich eine grosse galvanische Kette (Leitung), worin der galvanische Strom, die an beiden Endpunkten befindlichen Multiplicatoren mitgerechnet, eine Drahtlänge von fast 9000 Fuss zu durchlaufen hat. Der Draht der Leitung ist grösstentheils Kupferdraht von der im Handel mit 3 bezeichneten Sorte, wovon eine Länge von einem Meter 8 Gramm wiegt; der Draht des Multiplicators im magnetischen Observatorium ist übersilberter Kupferdraht No. 14, wovon auf ein Gramm 2,6^m kommen. Diese Anlage ist ganz dazu geeignet, zu einer Menge der interessantesten Versuche Gelegenheit zu geben. Man bemerkt nicht ohne Bewunderung, wie ein einziges Plattenpaar am anderen Ende hineingebracht, augenblicklich dem Magnetstabe eine Bewegung ertheilt, die zu einem Ausschlage von weit über tausend Scalentheile ansteigt etc. . . .“. „Die Leichtigkeit und Sicherheit, womit man durch den Commutator die Richtung des Stromes und die davon abhängige Bewegung der Nadel beherrscht, hatte schon vor einem Jahre Versuche einer Anwendung zu telegraphischen Signalisirungen veranlasst, die auch mit ganzen Wörtern und kleinen Phrasen auf das Vollkommenste gelangen. Es leidet keinen Zweifel, dass es möglich sein würde, auf ähnliche Weise eine unmittelbare telegraphische Verbindung zwischen zweien eine beträchtliche Anzahl von Meilen von einander entfernten Orten einzurichten.“

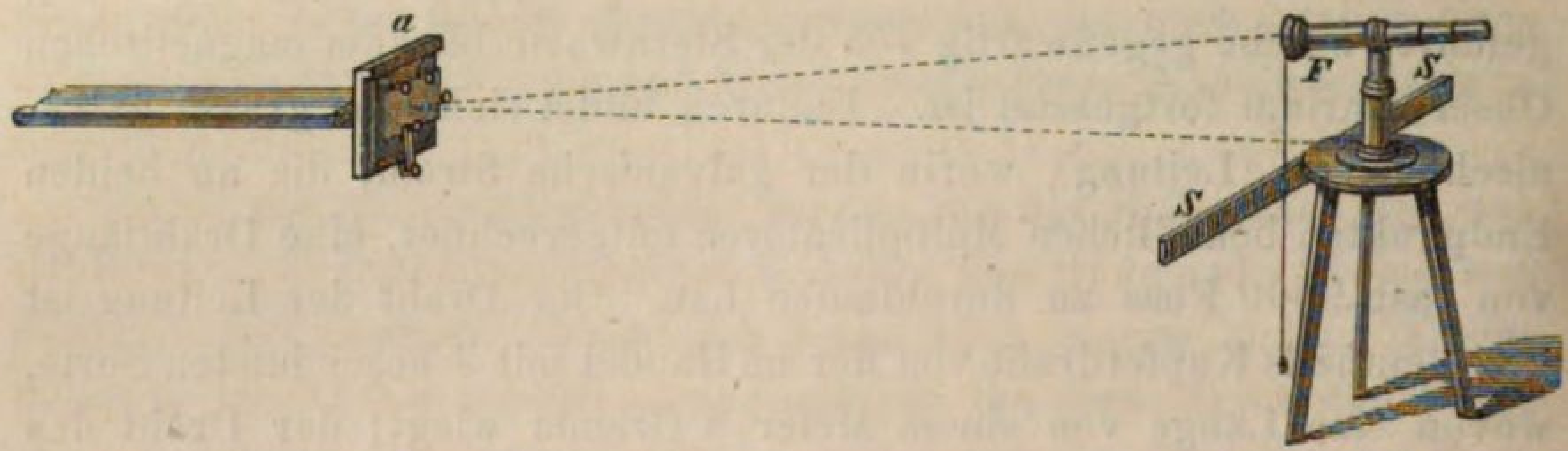
2. Der Telegraphen-Apparat. Die Zeichen wurden mittelst eines Magnetometers gemacht, das von Drahtgewinden in Form eines Multiplicators umgeben war. Der durch diesen Multiplicator gesandte Strom ward durch einen magneto-elektrischen Strom erregt.

Das Magnetometer besteht aus einem Magnetstabe, dessen Dimensionen 18″, 3‴, 15‴ sind[2]). Dieser Magnet ist an einem 10 bis 12 Fuss langen Faden aufgehängt und trägt an seinem Ende einen Spiegelhalter, Fig. 136, an dem der Spiegel befestigt ist, durch den die Ablenkungen mittelst eines Fernrohrs und einer Scala beobachtet werden können.

[1]) Pogg. Ann. 32 pagt 568; Dingler's Journal 55 pag. 394; Gött. gel. Anz. 1834, 128. Stück. [2]) Gehler IX. pag. 116.

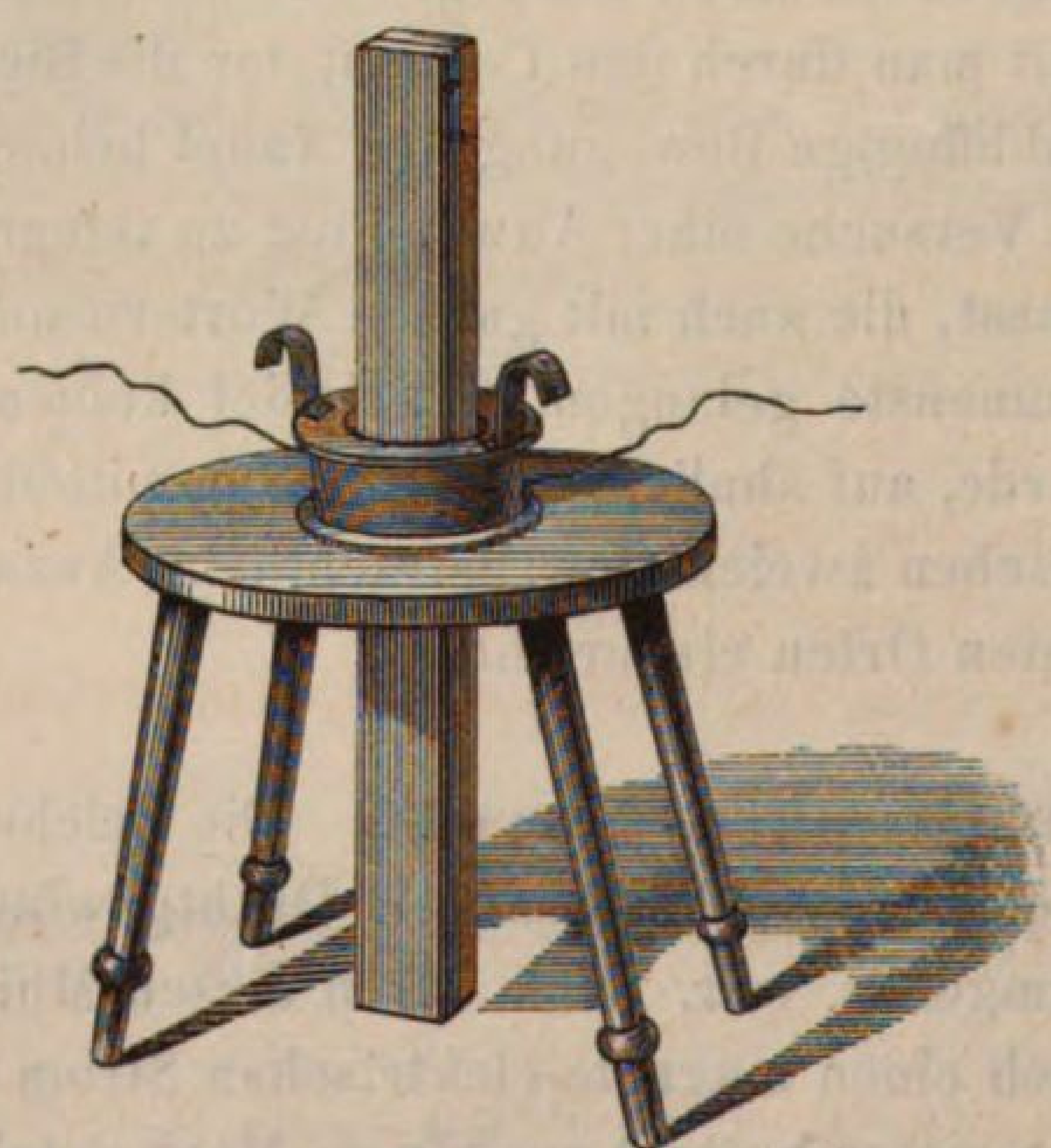
Der Magnetstab ist von dem Multiplicatorgewinde umgeben, so dass er zwischen demselben oscillirt. Sendet man durch die Multiplicatorwindungen einen elektrischen Strom, der nur momentane Dauer hat,

Fig. 136.



so macht der Stab plötzlich einen Anschlag und kehrt dann in seine Ruhelage zurück. Bezeichnet man die westlichen Abweichungen durch +, die entgegengesetzten durch —, so kann man durch eine beliebige Menge zu + oder zu — gehöriger Abweichungen eine grosse Anzahl

Fig. 137.



von Combinationen erzeugen, und dadurch alle nöthigen Zeichen geben.

Als Mittel, die genannten Ablenkungen des Magnetstabes zu bewirken, bedienten sich Gauss und Weber folgender Vorrichtung. Ein oder zwei starke Magnete, Fig. 137, jeder 25 Pfd. schwer, stehen lothrecht in einer Art Schemmel. Auf diese Stäbe ist ein hölzerner Rahmen mit zwei starken Handhaben geschoben, um welchen übersponnener

Kupferdraht von geeigneter Dicke, in hinlänglich zahlreichen Windungen, gewickelt ist, und dessen Weite eine schnelle Bewegung auf den Stäben gestattet. Die beiden Enden des Drahtes führen vermittelst dünner Verbindungsdrähte bis zu den Enden des Multiplicators, in welchem das Magnetometer frei schwebt. In dem Kupferdraht des Rahmens, der die grossen Magnetstäbe umgiebt, entsteht nun bekanntlich ein Strom, wenn man ihn von der Mitte dieser Stäbe schnell nach dem Ende hin bewegt. Die durch diesen Inductionsmultiplicator erregte Wirkung wird durch eine unmittelbar in entgegengesetzter Richtung folgende Bewegung desselben wieder aufgehoben, und so das Magnetometer wieder zur Ruhe gebracht. Wenn man dagegen nach der ersten Bewegung einen Augenblick ruht, bis die Zuckung des Magnetometers deutlich wahrgenommen worden ist, dann eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung macht, so wird dadurch eine Zuckung in entgegengesetzter Richtung erzeugt. So leuchtet ein, dass man auf diesem Wege eine grosse Zahl auf einander folgender Zuckungen hervorbringen und die Menge der Zeichen beliebig vervielfältigen kann.

§ 4.

Steinheil.

1. **Der Apparat zur Erzeugung des Stromes.** Von Gauss persönlich dazu aufgefordert, übernahm es Steinheil, Professor in München, den von Gauss und Weber angewandten Telegraphen zu vervollkommnen, und ihn besonders in Bezug auf das Zeichengeben zum praktischen Telegraphiren geeigneter zu machen. Nach Steinheil's eigener Darstellung[1]) bestand sein Apparat aus drei wesentlichen Theilen:

1. dem Stromerreger,
2. dem Zeichengeber und
3. der Leitung.

Der zum Telegraphiren nöthige Strom ward durch eine magnetoelektrische Maschine erregt, die der von Clarke[2]) ähnlich construirt war.

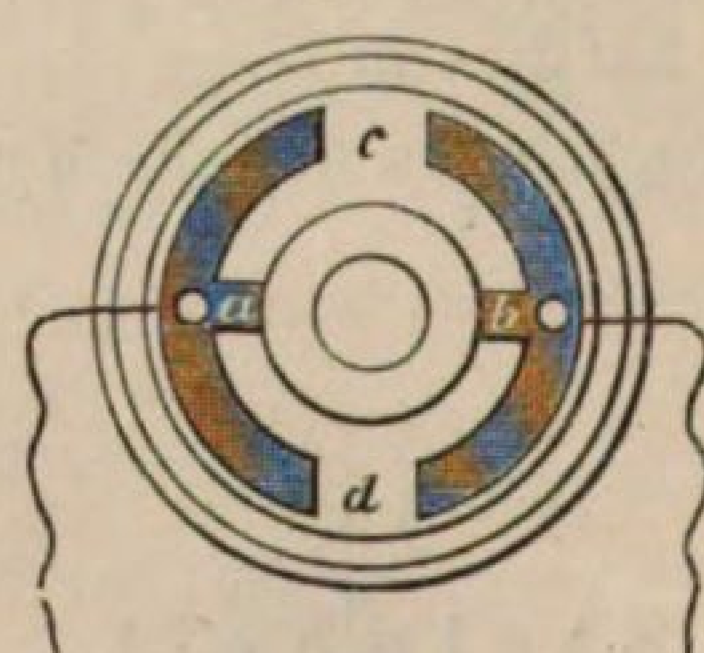
Der Stahlmagnet des Steinheil'schen Inductionsapparates bestand aus 17 Hufeisen, und wog 60 Pfd., seine Tragkraft war etwa 300 Pfd. Von den Polen dieses Magneten bewegten sich zwei Inductions- (Multiplicator-) Rollen, welche zusammen 15000 Drahtwindungen hatten, von

[1]) Dingler's Journ. 70 p. 292. [2]) Siehe vorn! Abschn. II. § 4. Nr. 6.

deren Draht 1 Meter 1053^{mgr} wog. Die Commutation dieser Rollen war entweder mittelst Stifte, die in Quecksilber tauchten, oder mittelst schleifender Federn so eingerichtet, dass eine Drehung derselben in gleichem Sinne, einen Strom in gleichbleibender Richtung, dagegen eine Drehung in entgegengesetztem Sinne auch einen entgegengesetzten Strom erzeugte. Da nun aber der erzeugte Strom nur eine möglichst kurze Zeit dauern soll, wie aus dem später zu besprechenden Zeichengeber noch mehr erhellt, so ist die Leitung der schleifenden Federn nur an den Stellen vorhanden, wo die erregte Kraft am grössten ist.

Um die Stromverbindung in geeigneter Weise herzustellen, gab Steinheil den leitenden Platten, mit denen die Leitungsdrähte von der Nachbar-Station her in Verbindung stehen, die Form der Fig. 138. Die-

Fig. 138.



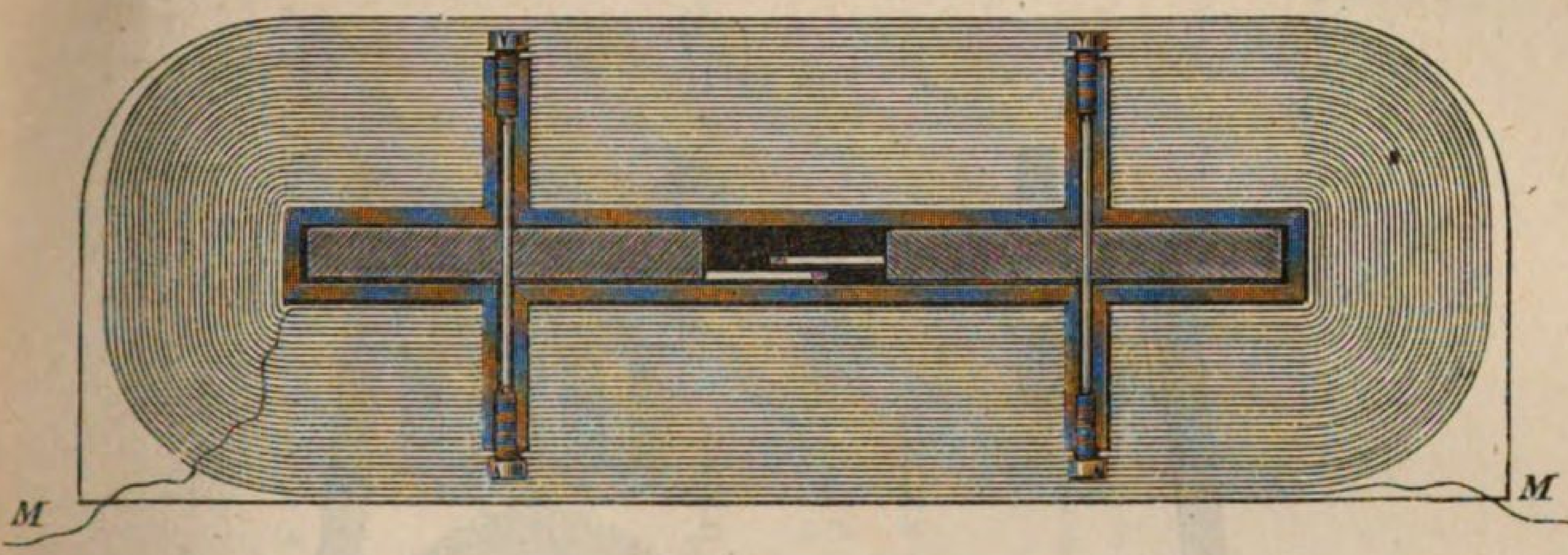
selben sind bei *a* und *b* ausgebogen und an diesen Stellen berühren die Federn der Enden der Inductorrollen die Leitung. In allen übrigen Stellungen des Inductors ist derselbe von der Leitung ausgeschlossen.

Diese Ausschliessung hat nicht allein den eben genannten Zweck, sondern es wird auch dadurch bewirkt, dass die Zeichen der anderen Station nicht durch die Drähte der Inductorrollen hindurch zu gehen nöthig haben. Der Strom dieser wird durch andere Federn geleitet, welche mit den Federn der Inductoren einen Winkel von 90° bilden, so dass diese sich an den Unterbrechungsstellen der Leitung bei *c* und *d* befinden, wenn die Inductorfedern *a* und *b* berühren. Zur bequemen Bewegung des Inductors ist dieser mit einem horizontalen Balancier versehen, der in zwei Kugeln endigt.

2. Der Zeichengeber. Der durch den Inductor erregte Strom dient nach der Gauss- und Weberschen Einrichtung dazu, der Oersted'schen Entdeckung gemäss, an der die Zeichen empfangenden Station einen leicht drehbaren Magneten mittelst vieler Multiplicatorwindungen abzulenken. Diese Ablenkungen müssen, wenn die Zeichen schnell

hintereinander bewirkt werden sollen, möglichst rasch, also kräftig sein. Dadurch sind die Dimensionen der abzulenkenden Magnetstäbe bedingt. Sie dürfen ebenso wenig zu gross wie zu klein sein, weil im ersteren Falle das mechanische Moment zu gross, im letzteren aber die durch die

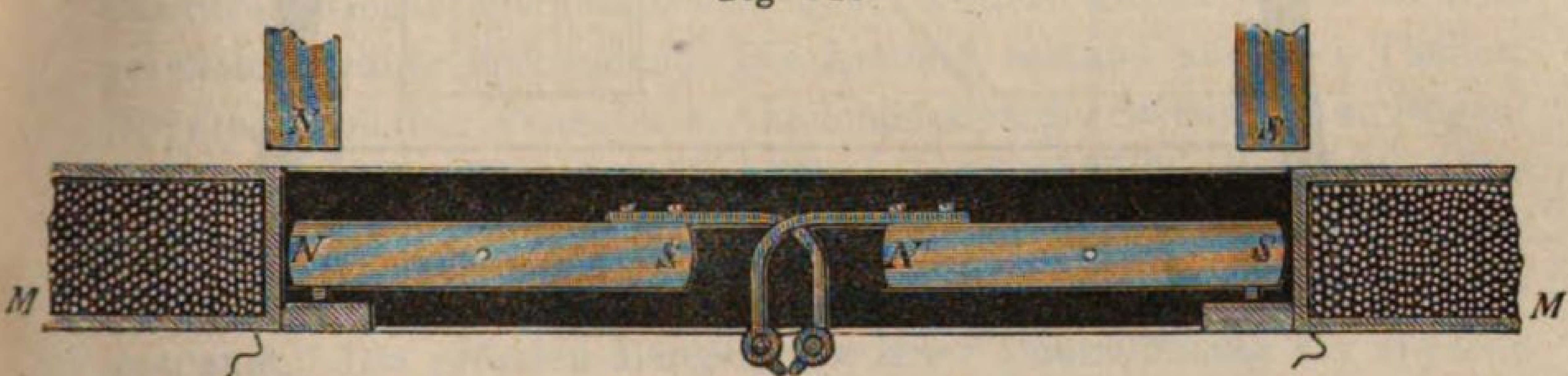
Fig. 139.



Ablenkung bewirkte mechanische Kraft zu klein wird, um das nöthige Zeichen genügend bemerkbar zu machen.

Fig. 139 und Fig. 140 stellen den horizontalen und verticalen Querschnitt des Zeichengebers dar, der ausser den Multiplicatorwindungen *MM*

Fig. 140.

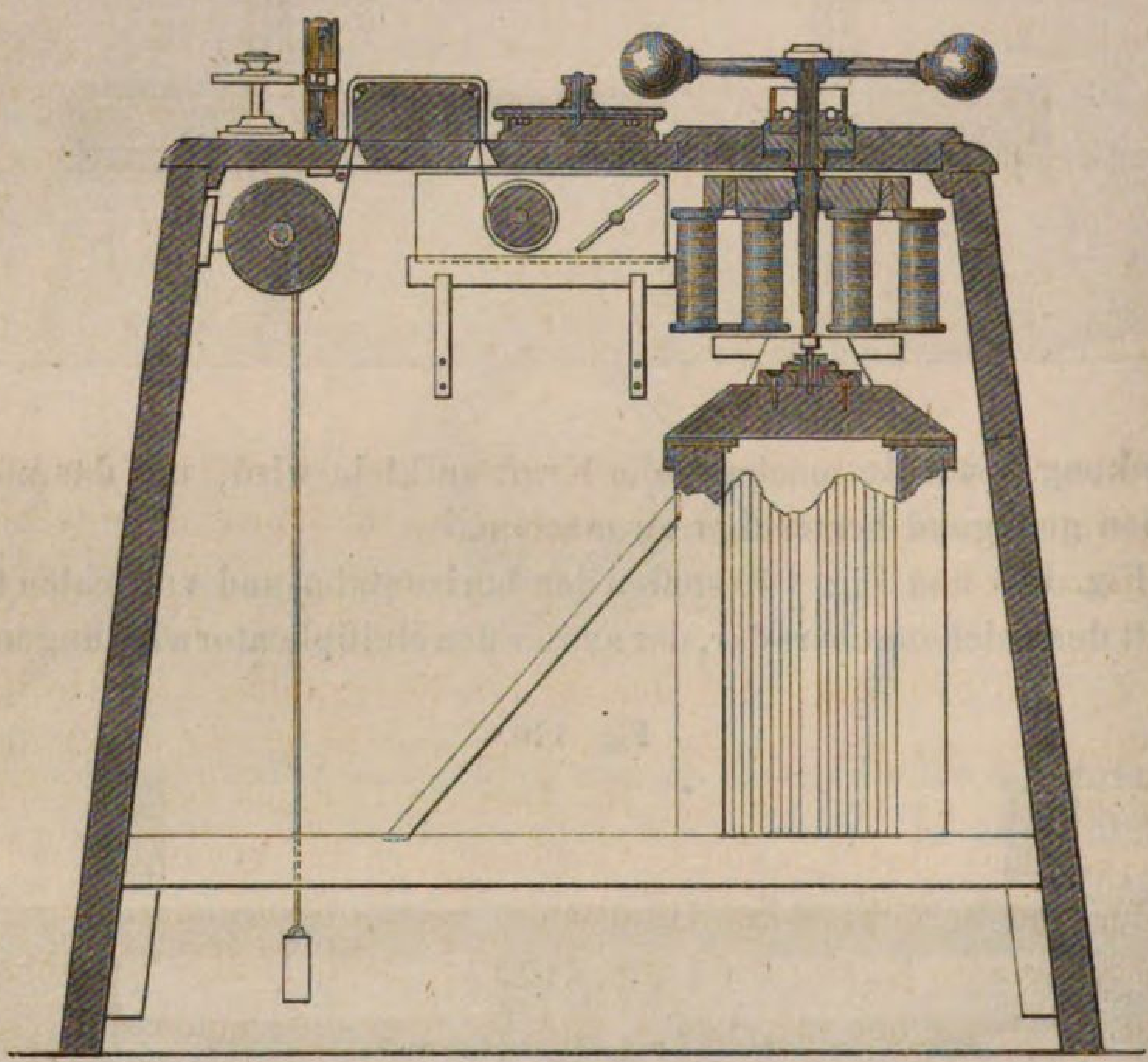


innerhalb derselben zwei in einer geraden Linie liegende Magnete *SN* enthält, die auf Verticalaxen drehbar sind, und an den einander zugekehrten Enden Messingstäbe tragen, welche sowohl zum Anschlagen an Glocken, als auch zum Fixiren einer aus Punkten bestehenden Schrift dienen. Der aus Messingblech bestehende Multiplicatorrahmen trägt 600 Drahtwindungen. Wird nun der Multiplicatordraht von einem Strom durchflossen, so streben beide Magnetstäbchen, sich in demselben Sinne aus der Richtung der Windungen heraus zu bewegen, so dass also der eine zeichnende Stift hervor, der andere zurücktreten würde. Um dieses letztere zu verhindern, liegen die beiden anderen Enden beider Magnete gegen zwei Platten, die einer Bewegung beider Magnete mit den Schreib-

stiften nach hinten unmöglich machen. Um die Magnetstäbchen nach geschehener Ablenkung schnell wieder in die ursprüngliche Lage zurückzubringen, dienen gesonderte kleine Magnete *N* und *S*, deren Abstand und Lage so lange regulirt wird, bis dieser Zweck erreicht ist.

Die beiden Zeichengeber können nun sowohl zum Anschlagen an Glocken als zum Punkte-Machen benutzt werden. Für den letzteren Fall

Fig. 141.



muss sich ein Papierstreifen vor den Schnäbeln der Zeichengeber in gleichförmiger Bewegung hinbewegen. Dieser Papierstreifen wickelt sich mittelst eines Uhrwerks von einem Cylinder ab und auf einen anderen wieder auf.

Die Fig. 141 zeigt einen Querschnitt der ganzen Vorrichtung und Fig. 142 dieselbe von oben gesehen.

3. Die Zeichen. Man sieht ein, dass es mittelst der beiden Zeichengeber möglich ist, in zwei Reihen Punkte zu machen, die aber nicht gleichzeitig in beiden Reihen entstehen können. Das Alphabet muss also aus auf einander folgenden Punkten der einen und anderen Reihe bestehen. Steinheil bildete ein Alphabet, bei dem höchstens vier

Punkte zu einem Buchstaben verwendet wurden. Das Alphabet ist folgendes:

A	. ˙ .	*L*	˙ . .	*0*	. . .
B	. ˙ ˙ .	*M*	˙ ˙ ˙	*1*	. ˙ ˙ ˙
C, K	. . ˙	*N*	˙ ˙	*2*	˙ . ˙ ˙
D	˙ .	*O*	. . .	*3*	˙ ˙ . ˙
E	.	*P*	˙ . . ˙	*4*	˙ ˙ ˙ .
F	. ˙ ˙	*R*	. .	*5*	˙ . . .
G	˙ ˙ .	*S*	. . ˙ ˙	*6*	. ˙ . .
H	˙ ˙ ˙ ˙	*T*	. ˙	*7*	. . ˙ .
Ch		*U, V*	˙ . ˙	*8*	. . . ˙
Sch	. ˙ . ˙	*W*	˙ ˙ . .	*9*	˙ ˙ .
J	˙	*Z*	˙ ˙ . .		

Mittelst dieser 30 Zeichen (*O* = *0* und *g* = *9*) wurden Nachrichten mit ziemlicher Geschwindigkeit mitgetheilt, 92 Worte erforderten eine Viertelstunde [1]).

4. Die Leitung. Bei dem ersten Telegraphen Steinheils war der Stromerreger mit dem Zeichengeber mittelst zweier durch die Luft geleiteter Drähte verbunden. Die Leitung bestand aus drei Theilen. Der eine Theil führte von der k. Akademie nach der Sternwarte zu Bogenhausen und zurück, seine Drahtlänge betrug 30500 par. Fuss. Der dazu verwandte Kupferdraht wog 210 Pfd. Beide Drähte hin und zurück waren in Abständen zwischen 3′ und 10′ über die Dächer der Stadt hin gespannt. Die grössten Längen von einer Unterstützung zur anderen betrugen 1200 Fuss. Ueber Strecken, wo keine hohen Gebäude vorhanden waren, wurde die Drahtleitung durch Flossbäume unterstützt, die 5 Fuss tief eingegraben zwischen 40 und 50 Fuss hoch, auf einem oben befestigten Querholz den Draht trugen. An den Auflegungspunkten ist nur Filz untergelegt, und der Draht zur Befestigung um das Holz geschlungen. Die Abstände zweier Bäume betrugen 600—800 Fuss.

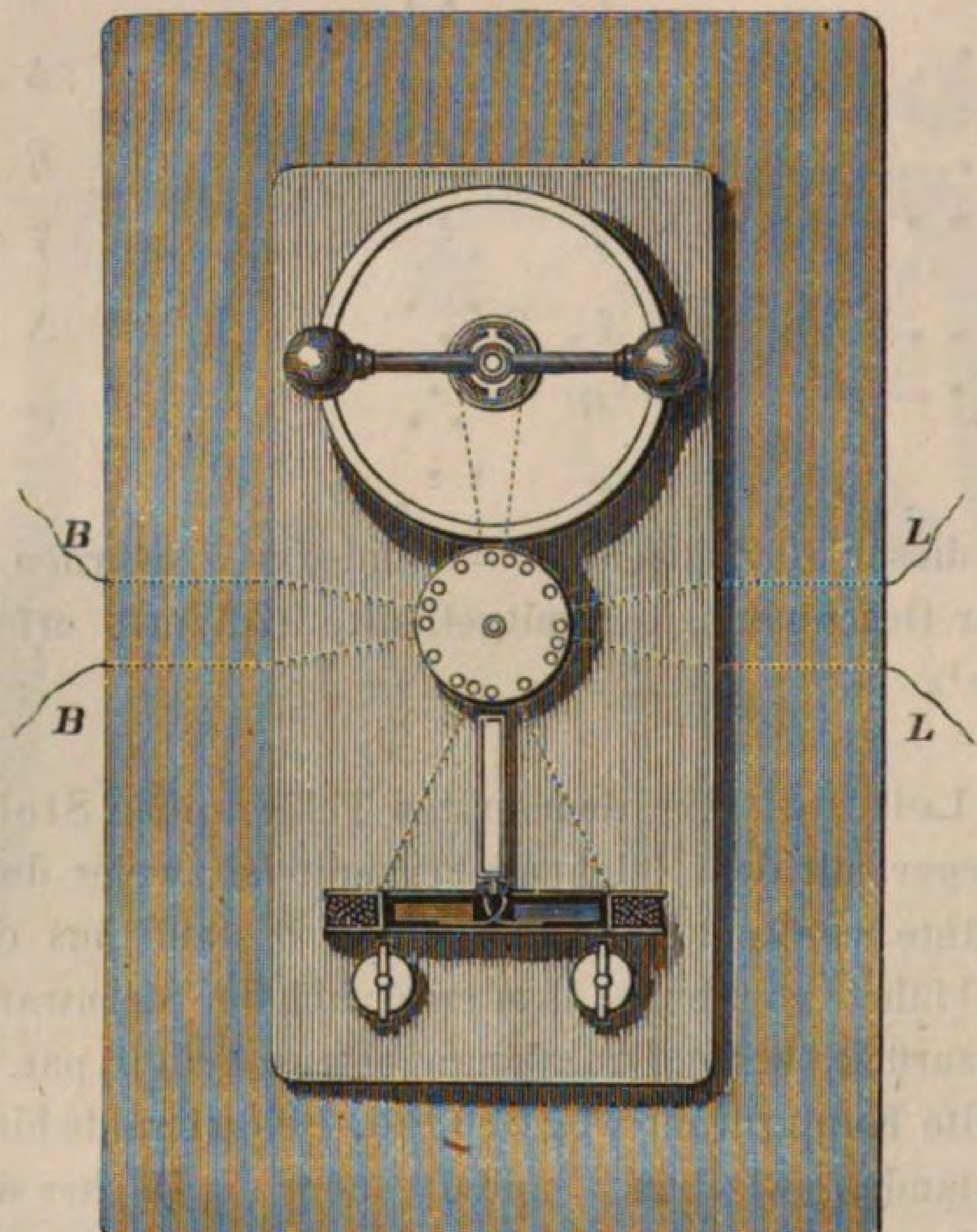
Ein zweiter Theil der Leitung führte von der Akademie nach Steinheils Wohnung und der Sternwarte in der Lerchenstrasse, er bestand aus Eisendraht, der hin und zurück 6000 Fuss lang war. Der

[1]) Dingler's Journ. 67 p. 390.

dritte Theil endlich führte im Innern des Gebäudes der Akademie nach der Werkstatt des physikalischen Kabinets und war ein 1000 Fuss langer dünner Kupferdraht.

Steinheil bemerkt in Bezug auf die Leitung nach Bogenhausen, dass dieselbe keineswegs isolirt sei. Wenn z. B. die Kette in Bogenhausen geöffnet ward, so sollte ein in München bewirkter Inductions-

Fig. 142.

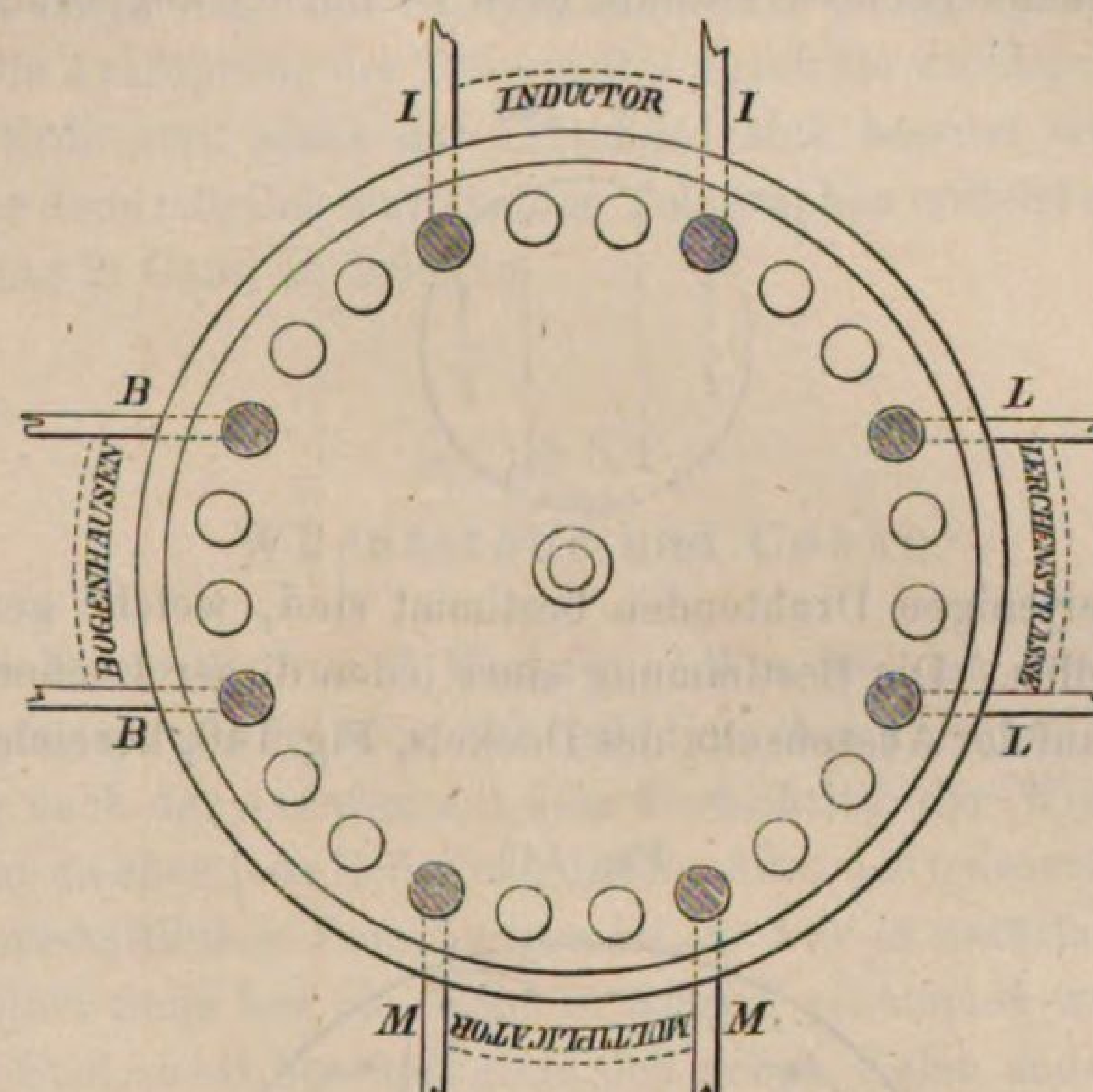


strom durchaus keine Erregung in den Theilen der Leitung hervorbringen, das Galvanometer zeigte aber dennoch einen schwachen Strom an, der proportional dem Abstande der Trennungsstelle vom Inductor wuchs. Der Grund dieser Erscheinung ist in dem Abschnitte über die Telegraphenleitung bereits ausführlich besprochen worden.

5. Zusammenstellung der Apparate. Die Drahtleitung von Bogenhausen, die von der Lerchenstrasse, die Enden des Zeichengebers und zwei Leitungen vom Inductor, also die Enden seines Multiplicators, kommen in der Mitte des Tisches Fig. 142 zusammen. Hier führen sie in 8 mit Queksilber gefüllte Löcher, Fig. 143, die in einem Holzcylinder

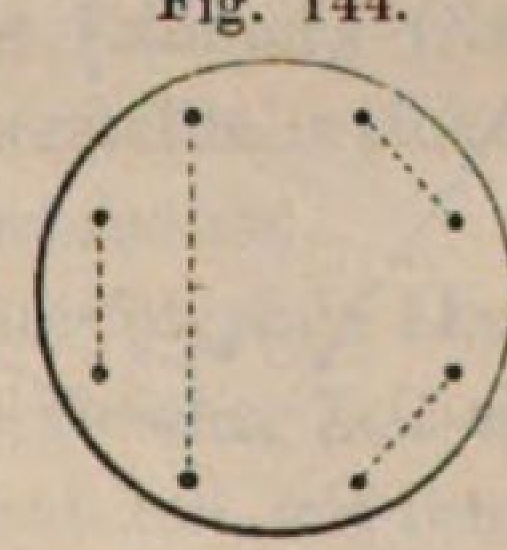
angebracht sind. Von der Verbindung dieser 8 Enden unter einander hängt es nun ab, wohin der erregte Strom geleitet wird. Wären z. B. diese 8 Löcher durch 4 Klammern von Kupferdraht so verbunden, dass

Fig. 143.



die eine Leitung *I* mit der nächsten *B*, die andere *B* mit der nächsten *M* u. s. w. zusammenhinge, so ginge der Strom durch sämmtliche Apparate und Leitungen. Eine Verbindung, wie Fig. 144 aber würde die

Fig. 144.

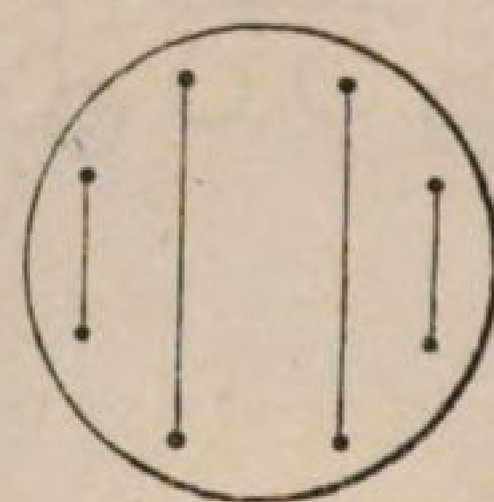


Leitung von Bogenhausen ausschliessen und also bewirken, dass der Strom vom Inductor aus durch den Multiplicator und die Lerchenstrasse ginge. Eben diese Figur um 180 Grad gedreht, würde die Lerchenstrasse ausschliessen und den Strom nach Bogenhausen führen. Ein drittes System von Verbindungen ist durch Fig. 145 gegeben, bei welchem der Multiplicator mit dem Inductor verbunden, dagegen die Lerchenstrasse und Bogenhausen ausgeschlossen sind.

Diese drei Systeme und Verbindungen sind nun in einem hölzernen Deckel mit Kupferdrähten eingetragen, wie Fig. 146 zeigt.

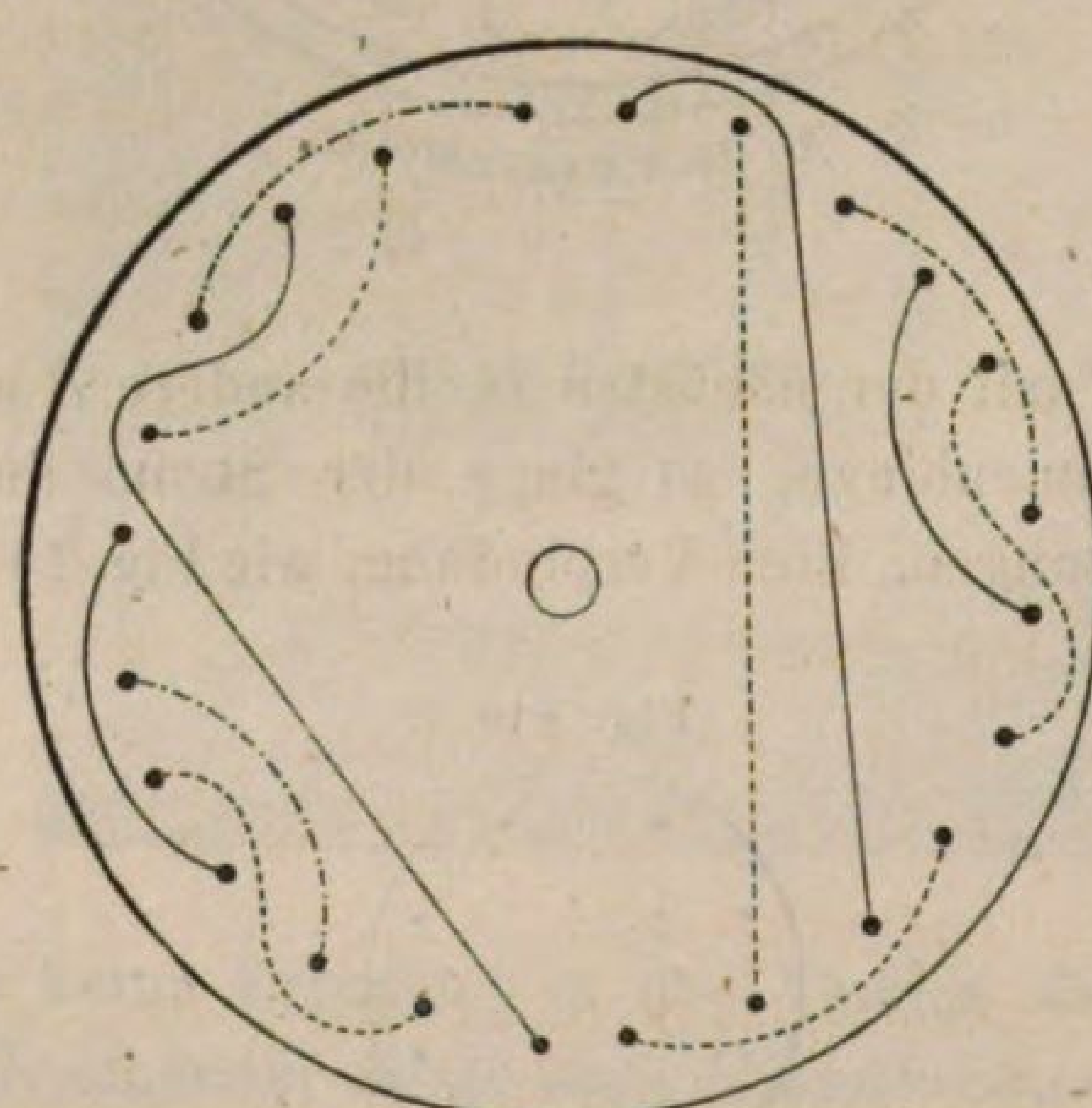
Es stehen aus diesem also 24 Kupferdrähte hervor. Da nun aber immer nur 8 davon wirksam sein sollen, so wurden in dem Cylinder, der die Quecksilbergefässe enthält, noch 16 Löcher angebracht, die zur

Fig. 145.



Aufnahme derjenigen Drahtenden bestimmt sind, welche gerade nicht mitwirken sollen. Die Bestimmung eines jeden dieser Löcher ist durch Buchstaben auf der Aussenseite des Deckels, Fig. 146, bezeichnet, durch

Fig. 146.



dessen Versetzung gegen einen auf dem Tische befindlichen Pfeil jede beliebige Verbindung hergestellt werden kann. Statt der Quecksilbernäpfchen lassen sich vortheilhafter konisch gebohrte Kupferstifte anwenden.

Dieser Telegraph ist der erste, der, den Angaben der Göttinger Physiker nachgebildet, auf eine praktische Brauchbarkeit Anspruch machen kann. Er wurde im Jahre 1837 um dieselbe Zeit hergestellt, als noch Wheatstone in England einen Telegraphen mit 5 Nadeln und

6 Leitungsdrähten in Gebrauch zu setzen versuchte, der aber, bald nachdem er auf einer verhältnissmässig nur kleinen Strecke auf der Great-Western-Bahn eingerichtet worden, wegen seiner grossen Kostspieligkeit verworfen werden musste.

Nicht lange nach der Ausführung seines Telegraphen erleichterte Steinheil die Ausführung der Telegraphie durch die wichtige Entdeckung, dass die Erde statt eines der Leitungsdrähte benutzt werden könne, wodurch es denn möglich wurde einen Telegraphen mittelst einer einzigen Drahtleitung in Gang zu bringen.

§ 5.

Wheatstone und Cooke.

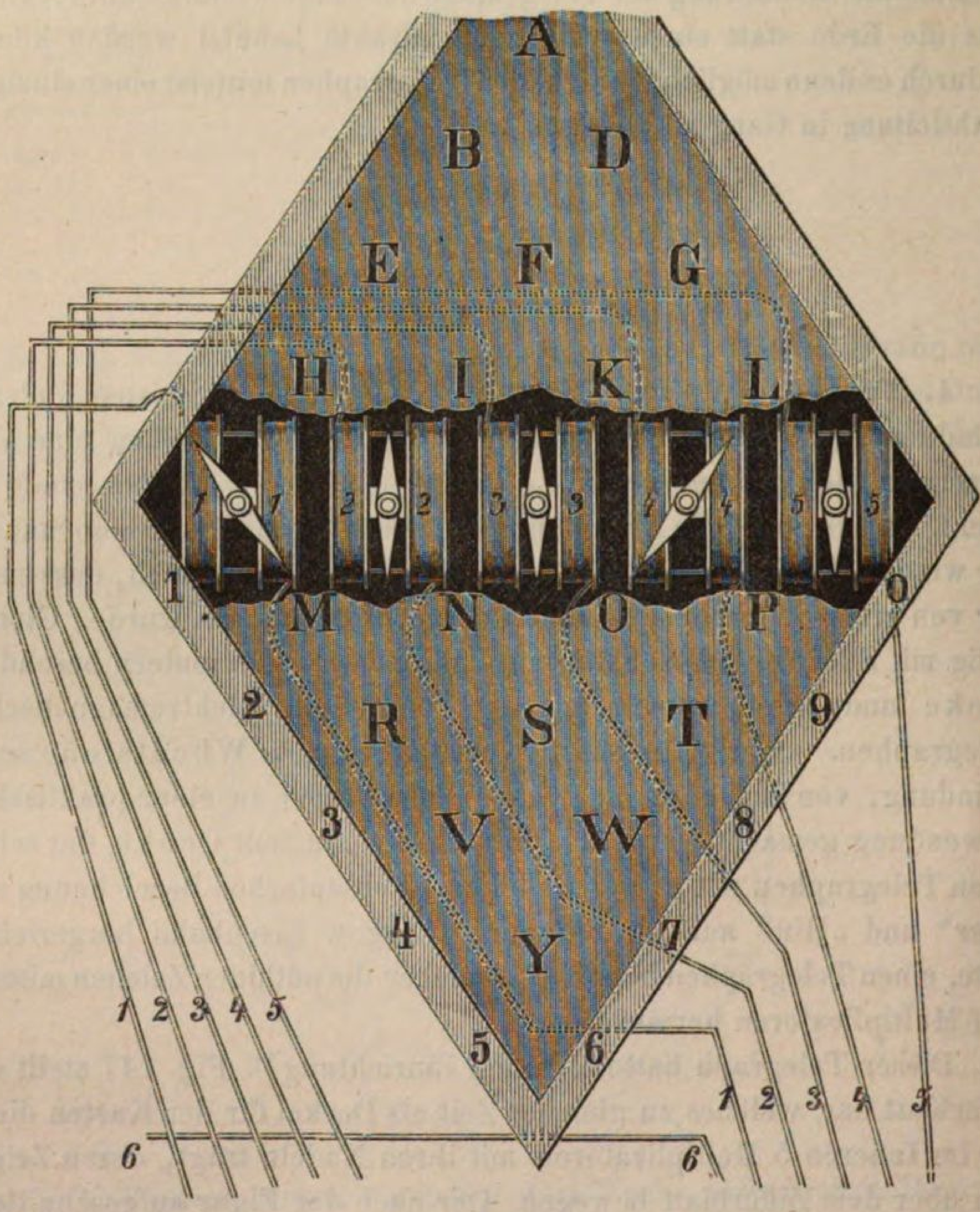
1. Telegraph mit 5 Nadeln. Wie bei den meisten anderen Erfindungen, so wurde auch bei Erfindung der Telegraphen eine Verbesserung nach der anderen mit dem Fortschritte der Wissenschaft gemacht, und da eben jede Erfindung das Resultat des jedesmaligen Standes der wissenschaftlichen Forschungen ist, so war es natürlich, dass nicht nur von einer Seite her die Sache in Angriff genommen wurde. Gleichzeitig mit Steinheil beschäftigten sich neben vielen andern besonders Cooke und Wheatstone mit der Herstellung elektromagnetischer Telegraphen. Schritt für Schritt vervollkommnete Wheatstone seine Erfindung, von der aber nicht eher ein Versuch zu einer praktischen Anwendung gemacht wurde, bis er in Vereinigung mit Cooke, der schon einen Telegraphen mit einer Nadel zu einer einfachen Bezeichnung von „Her“ und „Hin“ auf der Edinburg-Glasgow Eisenbahn hergerichtet hatte, einen Telegraphen herstellte, welcher die nöthigen Zeichen mittelst fünf Multiplicatoren hervorbrachte.

Dieser Telegraph hatte folgende Einrichtung[1]). Fig. 147 stellt das Zifferblatt dar, welches zu gleicher Zeit als Deckel für den Kasten dient, der im Inneren 5 Multiplicatoren mit ihren Nadeln trägt, deren Zeiger sich über dem Zifferblatt bewegen. Der nach der Figur aufgeschnittene Theil des Deckels zeigt die fünf Multiplicatorgewinde, die mit 1, 2, 3, 4, 5, bezeichnet sind. Die beiden Enden jedes der Drähte kommen auf beiden Seiten des Kastens heraus. Die Enden der einen Seite vereinigen sich in einem Draht, welcher die Rückleitung aller 5 Multiplicatoren bis zur folgenden Station bildet, so dass also sechs Leitungsdrähte erfordert

[1]) Schaffner, The Telegraph manual p. 199 u. f.

werden. Das Zifferblatt enthält 20 Buchstaben des Alphabets in der gezeichneten Weise geordnet, so dass zum vollständigen Alphabet die Buchstaben *C, J, Q, U, X* und *Z* fehlen, welche durch die übrigen ersetzt werden. Am Rande des rautenförmigen Deckels befinden sich die

Fig. 147.

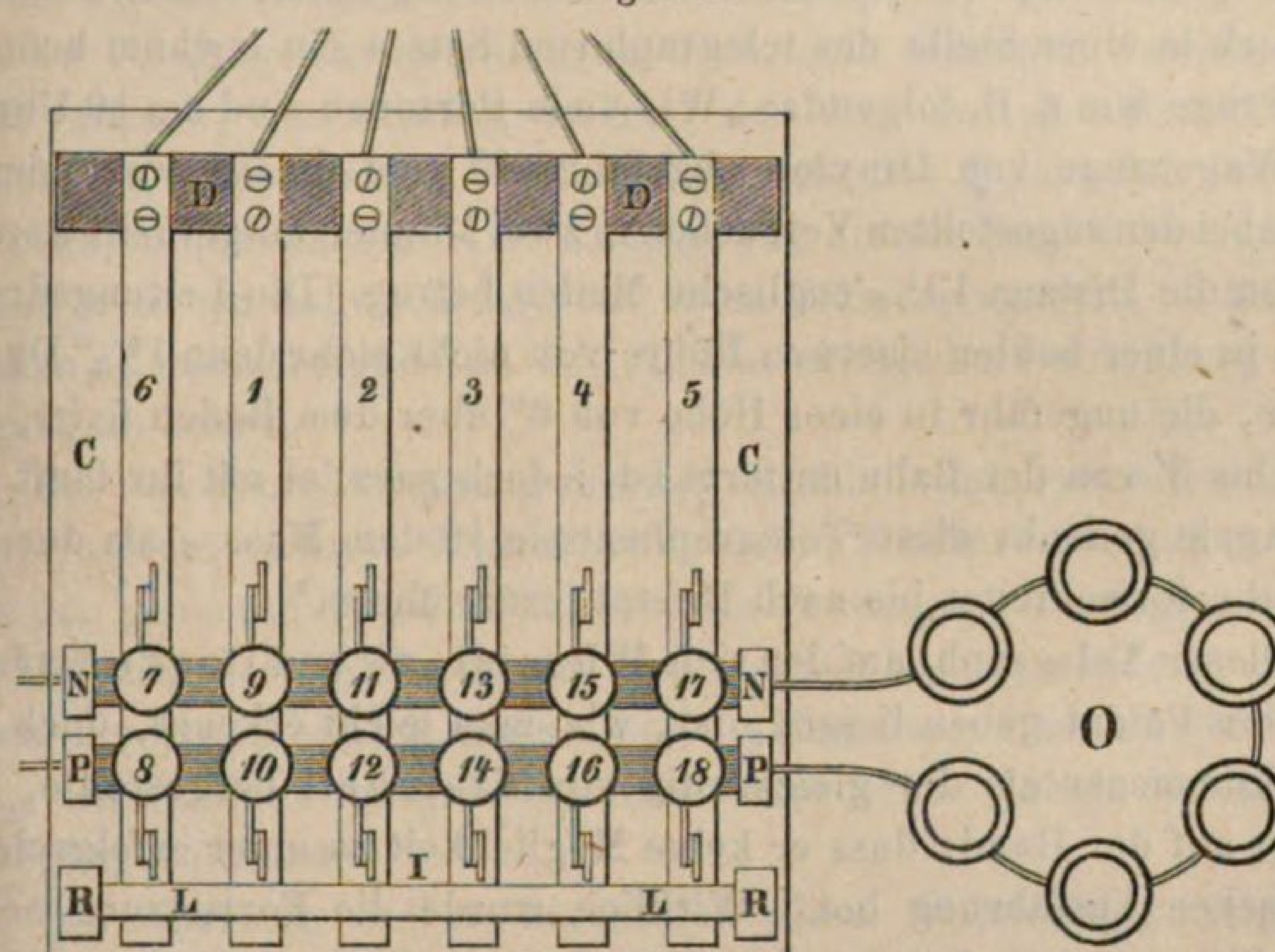


10 Ziffern von 0 bis 9. Zur Bezeichnung eines Buchstabens sind immer zwei Nadeln nöthig. Die Ablenkung einer jeden Nadel geschieht nämlich stets unter einem und demselben Winkel, so dass mit der Ablenkung zweier Nadeln stets der Buchstabe bezeichnet ist, welcher in dem Durchschnittspunkte der Verlängerung beider sich kreuzender Nadelaxen liegt. Man sieht also, dass zur Bezeichnung eines Buchstaben die beiden

in Thätigkeit gesetzten Nadeln stets im entgegengesetzten Sinne abgelenkt sein müssen. Zur Bezeichnung einer Ziffer wird nur eine Nadel abgelenkt, so dass dann durch Ablenkung der 5 Nadeln sowohl nach rechts als nach links die 10 Ziffern bezeichnet werden.

Die Fig. 148 stellt den Zeichenmacher dar, bestehend aus sechs Federn mit Köpfen, durch deren Niederdrücken der metallische Contakt der Drähte mit der Leitung von der galvanischen Säule, und somit der

Fig. 148.



Stromverbindung mit der folgenden Station hergestellt wird. Eine jede Feder trägt 2 Knöpfe, durch die es möglich wird, bei der Bewegung zweier Nadeln den Strom durch einen Draht hin und durch den andern zurückzuleiten, und im erforderlichen Falle ihn umzukehren, so dass alsdann die beiden Nadeln ihre Drehung nach der der früheren entgegengesetzten Seite machen. Behufs der Ablenkung nur einer Nadel für die Ziffern ist ein sechster Leitungsdraht nöthig, um den Strom zurückzuführen.

Ein Bericht über diesen Telegraphen im Mechanics Magazine[1]) vom Jahre 1839 sagt: „Der Umfang des Gehäuses, in welchem die Maschinerie enthalten ist, ist nicht grösser als der einer Männerhutschachtel. Das Gehäuse steht auf einem Tisch und kann mit Leichtigkeit von einem

[1]) Dingler's Journal 74 p. 394.

Orte zum andern geschafft werden. Um den Telegraphen spielen zu lassen, braucht man nur auf kleine messingne Tasten, die mit den Klappen eines Klapphorns Aehnlichkeit haben, zu drücken; denn diese wirken dann durch galvanische Kraft auf verschiedene Zeiger, welche sich auf einem an der nächsten Station angebrachtem Zifferblatte befinden, und die hiernach auf beliebige Buchstaben des Zifferblattes deuten. Auf gleiche Weise werden auch die Zahlen und Unterscheidungszeichen angedeutet. Endlich ist auf dem Zifferblatte auch noch ein Kreuz verzeichnet, welches, wenn es mit seiner Taste angespielt wird, andeutet, dass sich in einer Stelle des telegraphirten Satzes ein Irrthum befindet. Eine Frage wie z. B. folgende: „Wie viele Personen sind um 10 Uhr mit dem Wagenzuge von Drayton abgefahren?" und die Antwort hierauf könnte bei den angestellten Versuchen in zwei Minuten mitgetheilt werden, obschon die Distanz $13^1/_2$ englische Meilen betrug. Die Leitungsdrähte laufen in einer hohlen eisernen Röhre von nicht mehr denn $1^1/_2''$ Durchmesser, die ungefähr in einer Höhe von 6″ über dem Boden fixirt, und die 2′ bis 3′ von der Bahn entfernt ist, jedoch parallel mit ihr läuft. Die Compagnie gedenkt diese Telegraphenlinie in dem Maasse als der Bau der Bahn fortschreitet bis nach Bristol fortzuführen."

Dieser Telegraph, auf den sich Wheatstone und Cooke im Jahre 1837 ein Patent geben liessen, ist, wie man leicht erkennt, doch viel unvollkommener als der gleichzeitig von Steinheil hergestellte, und es liegt auf der Hand, dass er keine Möglichkeit zu einer erfolgreichen praktischen Ausführung bot. Wirklich wurde die Fortsetzung seiner Herstellung nach Anlegung einer Strecke von 39 engl. Meilen auf der Great-Western-Bahn wegen der grossen Kosten aufgegeben, obschon, wie der obige Bericht zeigt, seine Ausführung auf der ganzen Bahn beschlossen war.

2. Der Wecker von Wheatstone. Wenngleich der eben beschriebene Telegraph von Wheatstone und Cooke nicht praktisch brauchbar genannt werden kann, so sind doch mit ihm einige andere Vorrichtungen in's Leben getreten, welche einen entschiedenen Fortschritt in der Telegraphie bilden. Hierher müssen wir vor allen Dingen den Wecker rechnen, eine Vorrichtung, die dem Beamten ein Zeichen giebt, welches ihm den Beginn der Correspondenz anzeigt. Auch die übrigen Erfinder vor Wheatstone hatten dies erkannt und Versuche zur Herstellung eines solchen Zeichens gemacht, allein Wheatstone war der Erste, der dies in einer Weise ausführte, von der noch jetzt unter Umständen Gebrauch gemacht wird.

Der jetzt immer mehr alle anderen verdrängende Telegraph Morse's gründet sich auf die direkte Wirkung eines Elektromagneten, der einen Anker anzieht. Dieselbe Wirkung des temporären Magnetismus benutzte schon früher Wheatstone für seine Weckervorrichtung, die in ihrer ersten Form darin bestand, dass der von der entfernten Station kommende Strom ausser den Windungen des Multiplicators noch die Spirale eines Elektromagneten durchlief, der durch das Anziehen eines mit Hebelvorrichtung versehenen Ankers einen Hammer in Bewegung setzte und so eine Glocke ertönen liess. Wie wir jedoch später, bei der Besprechung anderer Telegraphenvorrichtungen noch mehr erkennen werden, ist es nicht rathsam, dem Strome, welcher den Weg zwischen den Stationen zurücklegt, noch andere Vorrichtungen als das Geben des einfachen Zeichens zu übertragen. Der Hauptgrund hierfür liegt darin, dass der Strom meist zu schwach ist, um einen Elektromagneten wirksam zu machen, dessen Aufgabe es ist, eine mechanische Vorrichtung in Bewegung zu setzen.

Um nun diese Benutzung des auf der Linie ankommenden Stromes zu vermeiden, richtete Wheatstone seine Weckervorrichtung so ein, dass der genannte Strom nicht einen Elektromagneten erregte, welcher den Hammer der Glocke direkt in Bewegung setzte, sondern dass der durch den Strom erregte Magnet nur die Hemmung eines Uhrwerks aushob, welches dann die grössere Kraft erfordernde Arbeit der Hammerbewegung vollführte.

Wheatstone selbst beschreibt diese Vorrichtung folgendermassen[1]: „Ein anderer sehr wesentlicher Theil des Apparates, dessen ich erwähnen will, betrifft die Mittel, welche wir in Händen haben, vor dem Beginn der telegraphischen Mittheilung ein Glöckchen in Thätigkeit zu setzen, um die Aufmerksamkeit des Beobachters anzuregen. Das Hauptprincip dieser Allarmvorrichtung ist folgendes. An dem Einfall eines gewöhnlichen Uhrwerkes ist ein Stück weiches Eisen befestigt, das den Anker eines Elektromagneten in Hufeisenform bildet. Sobald nun dieser Elektromagnet magnetisch wird, zieht er den Anker an, der Einfall wird ausgehoben und die Glocke kommt in Thätigkeit. Mit dem Aufhören des Magnetismus hört auch die Glocke auf zu läuten."

„Cooke richtete seine Aufmerksamkeit besonders auf Anordnungen in Betreff der Hülfsmittel, zwischenliegende Punkte der telegraphischen Linie, wo sich keine festen Stationen befinden, in den Kreis der Communication zu ziehen. Zu dem Ende wurden längs der Linie auf jede

[1]) Mech. mag. V. 33, pag. 162, 189; Dingler's Journal 82 pag. 22.

Viertelmeile Posten aufgestellt, um mit jeder der anliegenden Stationen eine temporäre Communication herzustellen. Der Conducteur eines Eisenbahnzuges kann nun ein tragbares Instrument bei sich führen, mit dessen Hülfe er zu jeder Zeit nach jeder Station hin eine Botschaft senden kann."

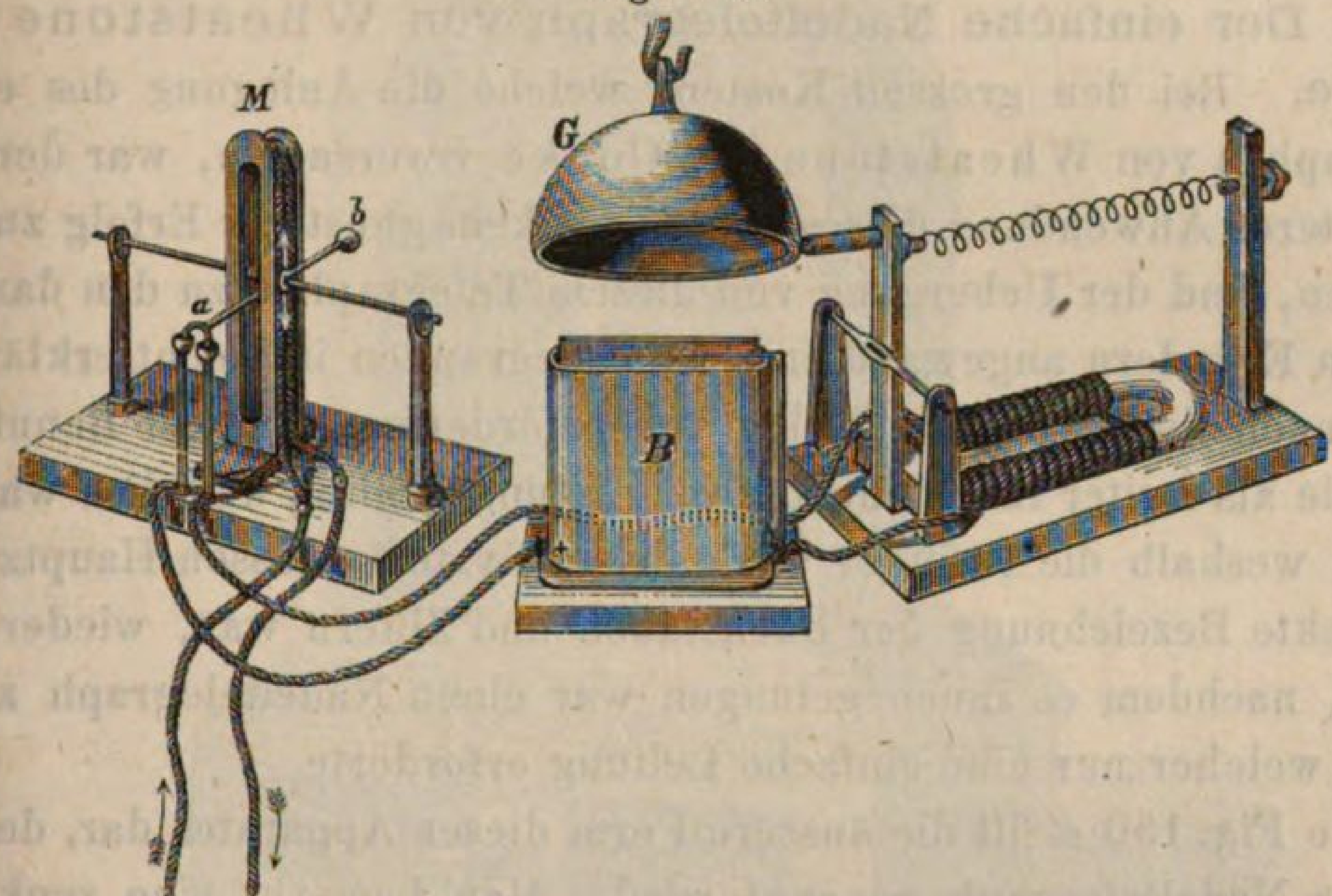
Was die Glocke oder das Schlagewerk überhaupt betrifft, so muss hervorgehoben werden, dass bei Wheatstone's Einrichtung dasselbe durch die gewöhnliche Telegraphenleitung in Thätigkeit gesetzt wurde, wogegen jetzt oft ein zweiter Draht angewendet wird, der nicht mit den Telegraphenapparaten in Verbindung ist, sondern nur zu den Schlagwerken der Stationen führt. Für den ersten Fall nämlich muss das Schlagwerk immer mittönen, so lange telegraphirt wird, wenn nicht die nach dem Elektromagneten führende Leitung unterbrochen wird. Um dies nach Belieben zu ermöglichen, ist ein besonderer Ausschalter oder Schlüssel vorhanden, bei dessen einer Stellung das Schlagwerk mit in den Kreis des Stromes eingeschlossen ist, während es in der anderen ausser Wirksamkeit ist. Man sieht nun leicht ein, dass bei einer Vorrichtung dieser Art der Fall vorkommen kann, dass der Telegraphenbeamte nach Beendigung des Telegraphirens den Schlüssel für das Schlagwerk zu stellen vergisst, und alsdann kein Zeichen durch den Wecker erhält. Dies ist der Grund, warum man später die zweite Einrichtung getroffen hat, bei welcher sämmtliche Läutewerke einer Linie ihren eigenen Draht haben[1]).

3. Das Relais. Eine andere sehr wichtige Einrichtung rührt ebenfalls von Wheatstone her. Um nämlich dem bereits vorn erwähnten Uebelstande abzuhelfen, dass der von einer entfernten Station kommende Strom zu schwach ist, um die Apparate wirksam zu machen, welche ausser dem Zeichengeber noch in Bewegung gesetzt werden sollen, erfand Wheatstone eine Vorrichtung, die dazu diente, eine auf der Station aufgestellte Batterie zu schliessen, mittelst deren dann der Elektromagnet des Läutewerks magnetisirt und so dieses in Thätigkeit gesetzt wurde. Diese Batterie braucht nur aus wenigen Elementen zu bestehen, weil der Strom derselben keinen weiten Weg zurückzulegen und also keinen grossen Widerstand zu überwinden hat. Zum Unterschiede von der auf die ganze Linie den Strom versendenden Linien-Batterie wird die nur auf der Station wirkende Batterie die Orts- oder Lokalbatterie genannt.

[1]) Siehe Abschnitt VIII, § 1.

Fig. 149 stellt das Läutewerk Wheatstone's mit dem Relais dar. Das letztere besteht aus einem Multiplicator *M*, welcher mit der durch Pfeile bezeichneten Leitung der Linienbatterie in Verbindung steht. Sobald der Strom dieser Batterie den Multiplicator durchfliesst, wird die um ihre Achse leicht drehbare Nadel *a b* in Bewegung gesetzt, und bewirkt dadurch, dass die an dem vorderen Arme befestigte Gabel in die Quecksilbernäpfe der beiden Ständer taucht und so die nach diesen gehenden Leitungsdrähte der Lokalbatterie *B* schliesst. Hierdurch wird der Elektromagnet rechts, durch dessen Spirale der Strom der Lokal-

Fig. 149.



batterie fliesst, magnetisch, zieht den Hebel an, und dessen Hammer schlägt entweder gegen die Glocke *G*, oder hebt den Sperrhaken eines Uhrwerks aus, welches dann eine Glocke ertönen lässt. So lange die Linienbatterie geschlossen bleibt, verharrt nun alles in der eben beschriebenen Stellung, und die Glocke hat in der Art, wie die Figur zeigt, nur einen Schlag hören lassen, wogegen sie bei einem Uhrwerk jetzt immer fort tönt. Eine Unterbrechung des Linienstromes öffnet auch die Lokalbatterie, und eine neue Schliessung wiederholt den eben beschriebenen Vorgang. Man sieht also, dass man, Falls das Läutewerk immer fort tönen soll, den Linienstrom immer geschlossen halten muss, wenn ein Uhrwerk vorhanden ist, dagegen schnell hinter einander öffnen und schliessen muss, wenn eine Einrichtung wie hier in der Zeichnung, d. h. ohne Uhrwerk, vorhanden ist.

Durch die Anwendung des Relais wird also die Thätigkeit der Linienbatterie auf die einer Lokalbatterie übertragen, und man nennt daher auch wohl das Relais den Uebertrager.

Da jedoch in neuerer Zeit unter Uebertragung etwas ganz Anderes verstanden wird, so soll in der Folge die soeben beschriebene Vorrichtung, welche die Schliessung der Lokalbatterie bezweckt, stets mit dem Namen Relais bezeichnet werden.

§ 6.

Die späteren Nadeltelegraphen von Wheatstone und Cooke.

1. Der einfache Nadeltelegraph von Wheatstone und Cooke. Bei den grossen Kosten, welche die Anlegung des ersten Telegraphen von Wheatstone und Cooke verursachte, war der ausgedehnteren Anwendung dieses Apparates kein günstiger Erfolg zu versprechen, und der Uebergang von diesem Telegraphen zu den darnach von den Erfindern angewandten Zeigertelegraphen ist leicht erklärlich. Allein auch dieser letztere Telegraph erforderte selbst bei Benutzung der Erde als Leiter immer noch zwei Leitungsdrähte, und dies war der Grund, weshalb die Erfinder auch dieses System, dessen Hauptzweck die direkte Bezeichnung der Buchstaben und Ziffern war, wieder verliessen, nachdem es ihnen gelungen war einen Nadeltelegraph zu erfinden, welcher nur eine einfache Leitung erforderte.

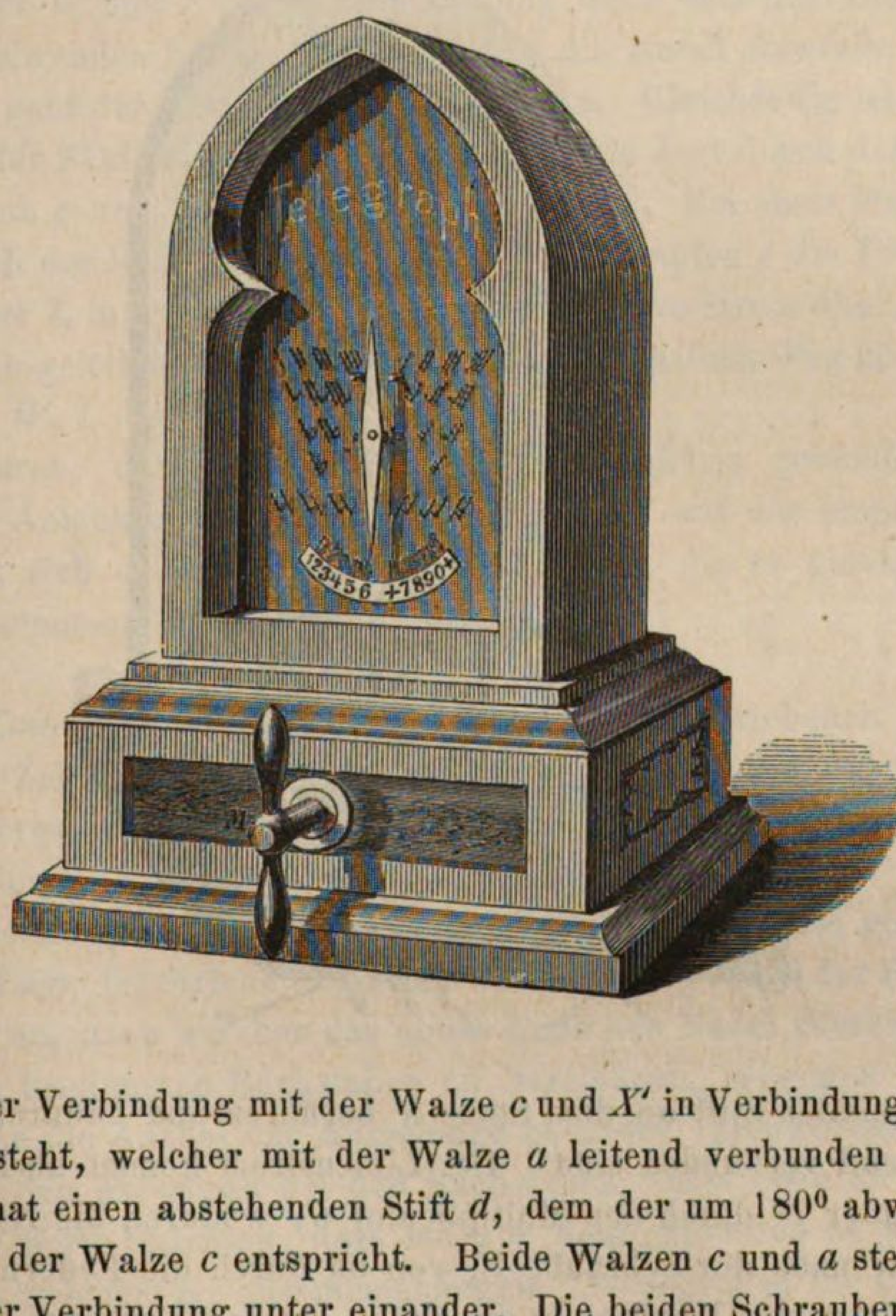
Die Fig. 150 stellt die äussere Form dieses Apparates dar, der der einfache Nadeltelegraph genannt wird. Man bemerkt eine senkrecht stehende Nadel und darunter einen Griff, welcher mit der Nadel so in Verbindung steht, dass bei einer Drehung seines oberen Theiles nach rechts, die Nadel ebenfalls mit ihrer oberen Seite nach rechts ausschlägt wogegen eine Bewegung nach links der Nadel dieselbe Richtung giebt. Zwei Stifte oben zu beiden Seiten der Nadelspitze begränzen die Weite des Ausschlages, damit nicht durch einen weiteren Weg der Nadel ein unnöthiger Aufenthalt entstehe.

Die Bewegung der Nadel wird durch einen Multiplicator bewirkt, wie ihn *G* Fig. 151 zeigt. Die Nadel ist eine astatische oder Doppelnadel, wie sie von Nobili[1]) angegeben ist, deren eine innerhalb der Windungen, deren andere mit entgegengesetzten Polen vorn am Apparate sich befindet. Die Enden der Multiplicatorwindungen gehen nach den Schrauben *W* und *V*. *V* steht in Verbindung mit den beiden Federn *Y'* und *Z'*, und *W* führt nach aussen zur Schraube *L*, an welche sich der

[1]) Siehe Abschnitt II § 1, No. 7.

Draht der Linie (d. h. der entfernten Station) anschliesst. Auf der andern Seite der metallischen Walzen *c* und *a* führen die beiden Federn *Y* und *Z* mittelst des Metallstreifens zur Klemmschraube *T*, deren Weiterleitung in die Erde führt. Die beiden Metallstreifen von den Schrauben *P* und *N* führen zu den beiden Federn *X* und *X'*, von denen *X* beständig

Fig. 150.

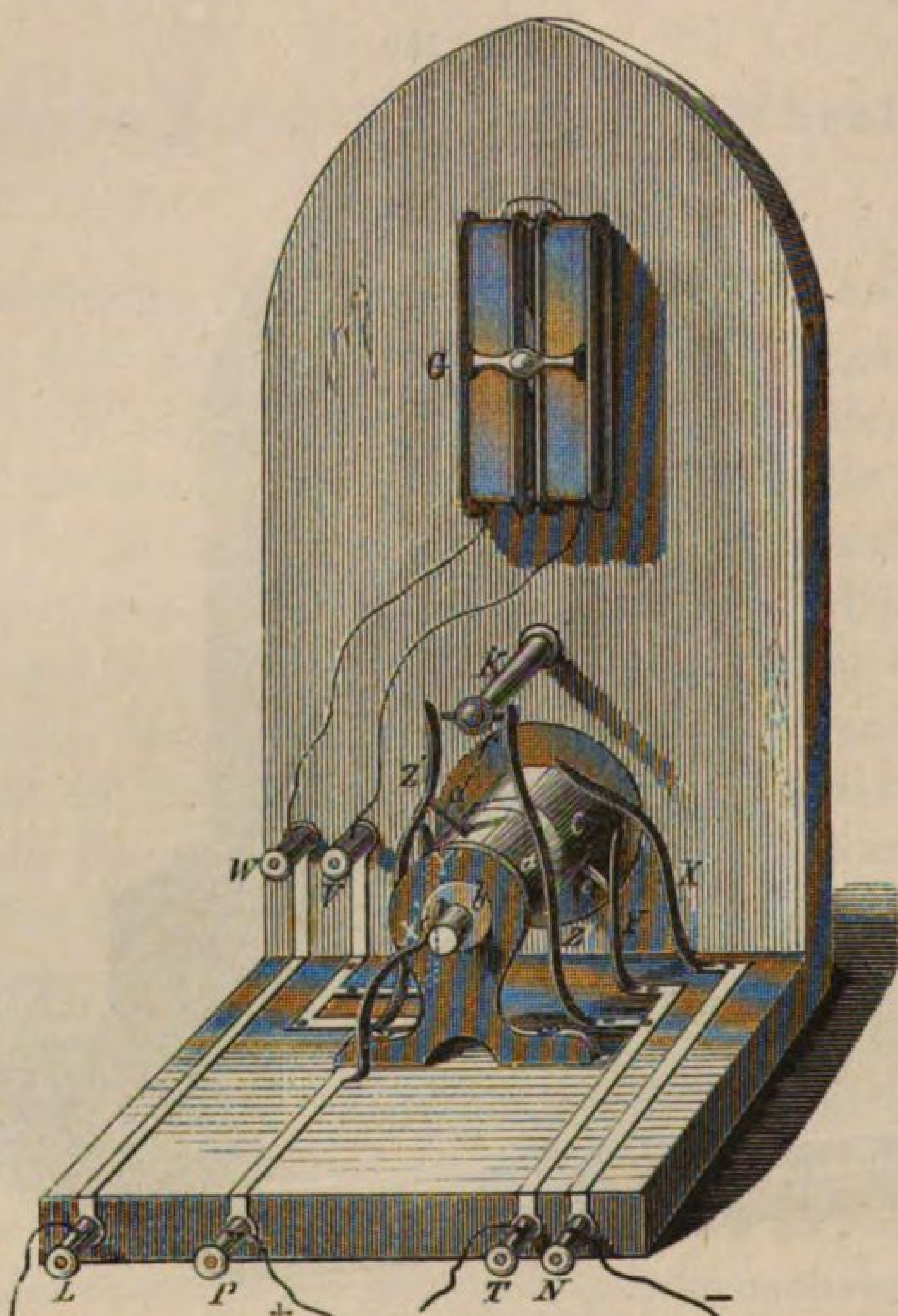


in leitender Verbindung mit der Walze *c* und *X'* in Verbindung mit dem Zapfen *b* steht, welcher mit der Walze *a* leitend verbunden ist. Die Walze *a* hat einen abstehenden Stift *d*, dem der um 180° abweichende Stift *e* auf der Walze *c* entspricht. Beide Walzen *c* und *a* stehen nicht in leitender Verbindung unter einander. Die beiden Schrauben *P* und *N* nehmen die Leitungsdrähte von den beiden Polen der Säule auf. Der Holzstab *K* trägt an seinem Ende einen horizontalen Metallstab, welcher die beiden Federn *z* und *z'* leitend mit einander verbindet.

2. Der Apparat empfängt Zeichen. Dieser Apparat dient sowohl zum Zeichengeben als zum Empfangen der Zeichen. Empfängt der Apparat Zeichen von der entfernten Station, so stehen die beiden

durch den Griff *M* vorn am Apparate um ihre Axe drehbaren, von einander isolirten Cylinder *c* und *a* so, dass die beiden Stifte *d* und *e* in einer senkrechten Ebene liegen, und keine der beiden Federn *Y* und *Y'* mit der Walze *c* in Berührung ist, wogegen aber die beiden Federn *z* und *z'*

Fig. 151.



den horizontalen Stift an dem Stabe *K* berühren und dadurch mit einander leitend verbunden sind. Der Linienstrom kommt alsdann bei *L* an, geht über *W* durch den Multiplicator *G*, wodurch die Nadel abgelenkt wird, nach der Schraube *V*, von da durch die Federn *Z'* und *Z* nach der Schraube *T* und so in die Erde. Je nachdem von der fernen Station durch den Liniendraht der positive oder negative Strom gesandt wird, erhält die Multiplicatornadel eine Ablenkung nach rechts oder nach links, und zeigt so durch die Zahl dieser Ablenkungen die Buchstaben des Apparates an.

3. Der Apparat giebt Zeichen. Sollen nun mit dem Apparat Zeichen gegeben werden, so wird von dem Telegraphisten der Griff *M*

nach links oder rechts gedreht. Gesetzt der Griff wäre nach rechts gedreht worden, so erhielte der Apparat eine Stellung, wie sie die Fig. 151 zeigt. Der Metallzapfen *d* drängt alsdann die Feder *Z'* von dem Stabe *f* zurück und setzt sie dadurch in leitende Verbindung mit dem Cylinder *a*, wogegen der Zapfen *e* die Feder *Y* mit dem Cylinder *c* verbindet. Geht nun der positive Strom der Säule von der Schraube *P* durch *X'* und *b* nach *a*, *Z'*, *V*, *G*, so lenkt er hier die Nadel nach rechts hin ab, geht weiter über *W* und *L* in die Linienleitung nach dem Galvanometer der correspondirenden Station und lenkt dort die Nadel ebenfalls rechts ab. Von dort geht der Strom weiter in die Erde. Gleichzeitig ist der negative Pol der Säule mit *N* verbunden, geht von dort durch den Cylinder *c*, den Stab *e* und über *Y* und *T* in die Erde. Bei einer Drehung des Griffs nach der linken Seite, berührt nun den Zapfen *e* die Feder *Y* und *d* die Feder *Z*, in welchem Falle dann der positive Strom über *X*, *b*, *d*, *Z*, *T* zur Erde geleitet wird, während der negative seinen Weg über *X*, *c*, *e'*, *Y'*, *V*, *G*, *W*, *L* etc. nimmt.

Dadurch, dass der Apparat auf der Zeichen gebenden Station dieselben Ablenkungen der Nadel bewirkt wie auf der empfangenden, überzeugt sich der Beamte, dass die Zeichen, die er giebt, zur Ausführung kommen.

4. Das Alphabet. Mittelst des eben beschriebenen Apparates sind zwei Zeichen möglich, und es ist also die Aufgabe, durch Wiederholung derselben das Alphabet, wie die Ziffern und sonstigen Zeichen herzustellen.

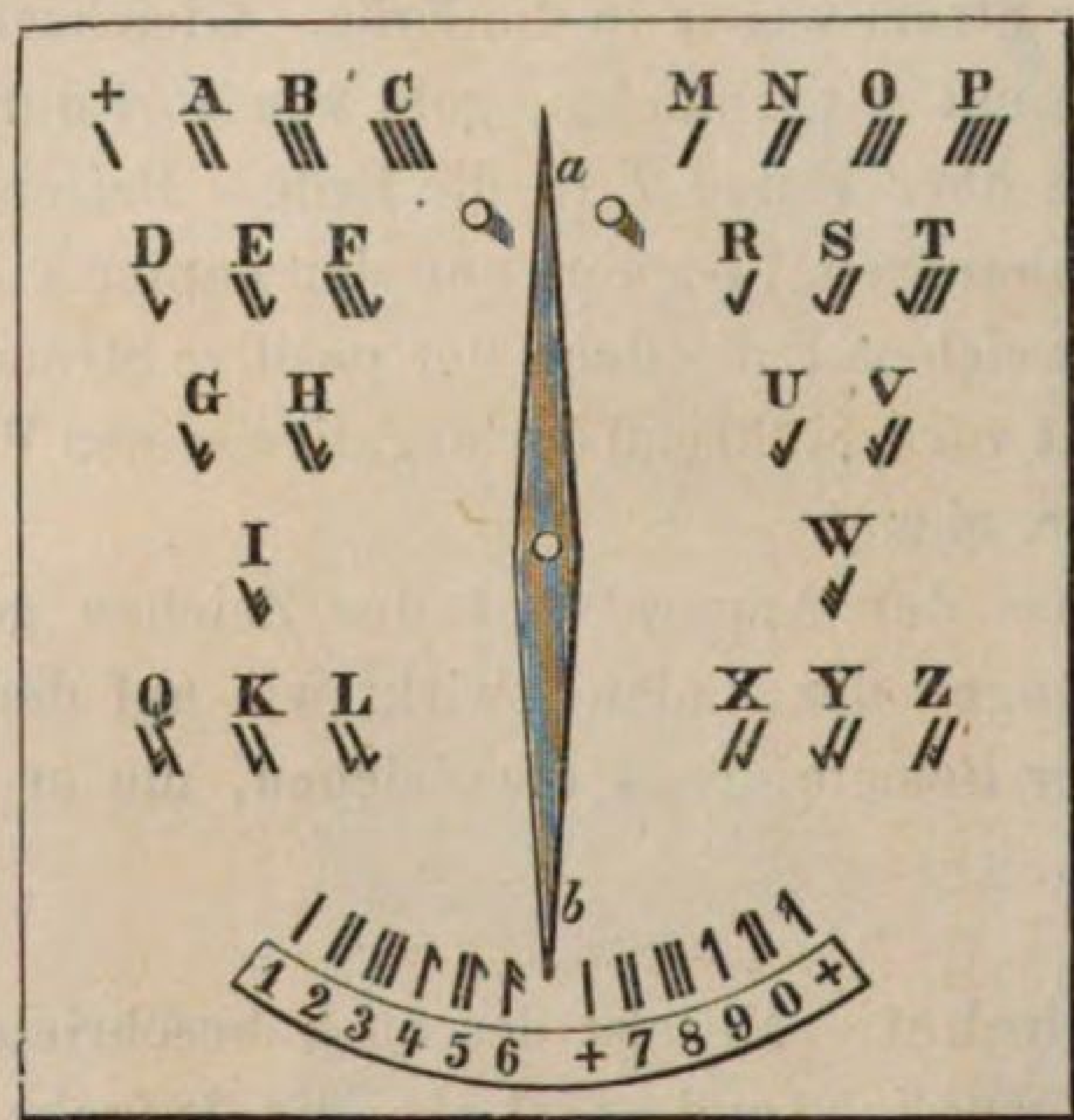
Diese Aufgabe hat Wheatstone in folgender Weise gelöst.

Die Lage der Striche unter den Buchstaben giebt in der Fig. 152 die Richtung an, nach welcher das obere Ende der Nadel ausschlagen soll, um einen bestimmten Buchstaben zu bezeichnen, wogegen die Anzahl der Striche die Anzahl der Ausschläge bedeutet. Die kleineren Striche unten an den grösseren bei den Buchstaben, oder oben an denselben bei den Ziffern bedeuten, dass sie vor dem grösseren zu signalisiren sind, mit welchem sie zusammenhängen. So sagt also die Figur, dass z. B. *h* mit einem Ausschlage nach links, dann zweien nach rechts und wieder einem nach links zu signalisiren sei.

Alle diese Zeichen befinden sich auf der vorderen Tafel des Telegraphen zu beiden Seiten der Nadel und sind hier so geordnet, dass, wie auch in der Fig. 152, alle Buchstaben, die mit einem Ausschlage nach links endigen, links stehen, wogegen alle, deren letzte Nadelausschläge nach rechts gehen, auch auf der rechten Seite verzeichnet sind.

Dieser Telegraph hat vor anderen neben seiner grossen Einfachheit den Vorzug, dass nur ein sehr schwacher Strom nöthig ist, um seine leicht bewegliche Nadel einen Ausschlag machen zu lassen, mithin die Linienbatterie nur klein zu sein braucht. Dieser Telegraph ist indess durch einen zweiten Nadeltelegraphen Wheatstone's ersetzt, der auch in England noch vielfach benutzt wird, und dessen Einrichtung eine grössere Schnelligkeit des Telegraphirens gestattet, als die des eben beschriebenen.

Fig. 152.

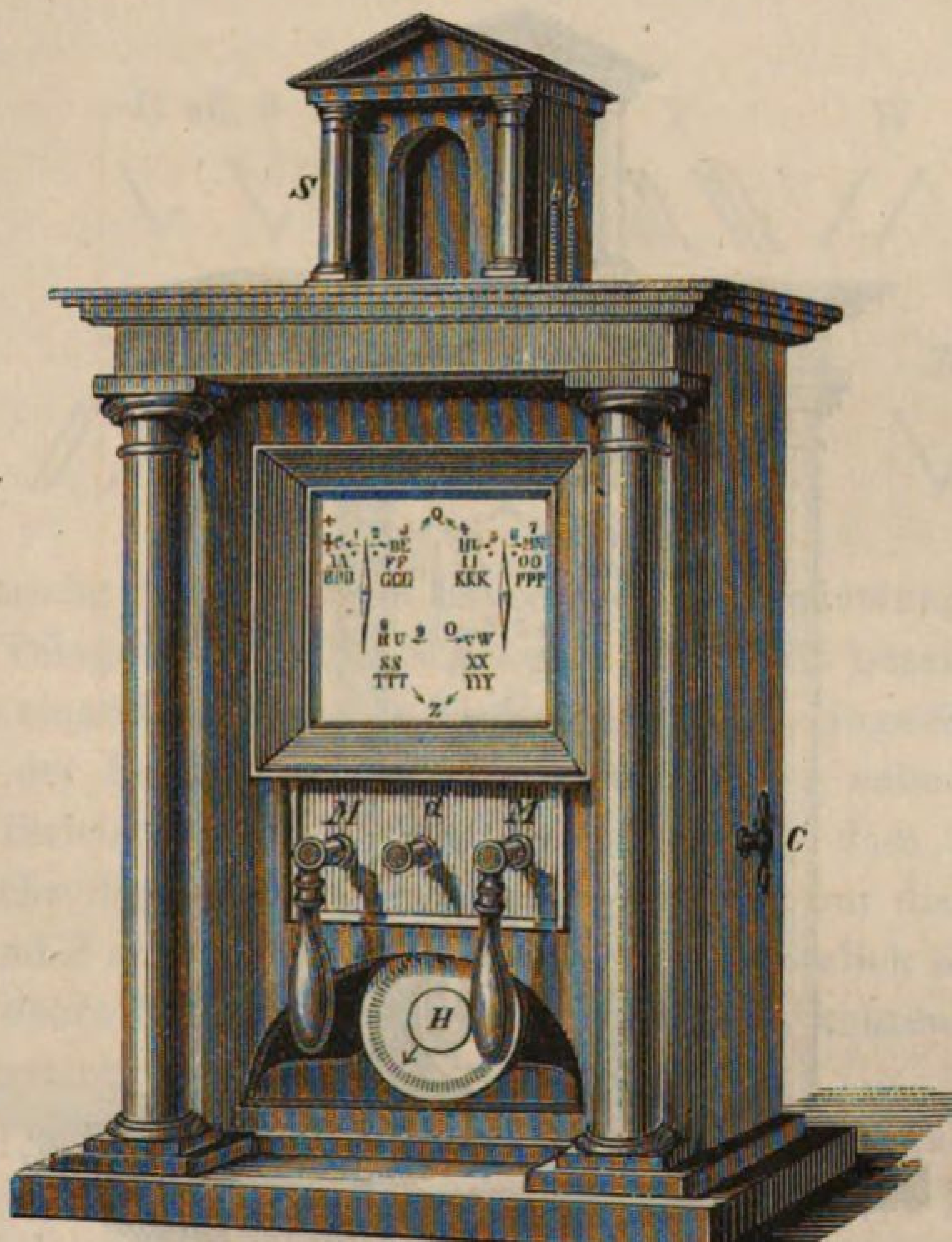


5, Der Doppelnadel-Telegraph von Wheatstone und Cooke. Dieser Telegraph besteht aus zwei vollständig von einander unabhängigen einfachen Telegraphen der eben beschriebenen Art, woraus dann folgt, dass sein Gebrauch auch zwei Leitungsdrähte erfordert, eine Eigenschaft, durch die er weit hinter allen anderen jetzt in Gebrauch befindlichen Telegraphen zurücksteht.

Die Fig. 153 zeigt eine perspectivische Ansicht dieses Apparates. Wir sehen vorn zwei Griffe entsprechend den beiden Multiplicatoren im Innern des Apparates, durch die gleichzeitig und nach einander in beliebiger Reihenfolge der Strom geleitet werden kann. Zwischen den beiden Griffen befindet sich unterhalb eine Kreiseintheilung *H* mit einem Zeiger, der im Innern mit einem Commutator in Verbindung steht. Durch diesen Commutator ist es möglich die Galvanometer bei einer bestimmten Stellung des Zeigers aus der Stromleitung auszuschalten, so dass der Strom auf der Linie weiter geht, ohne auf der ausgeschalteten Station Zeichen zu geben.

Man sieht ein, dass dadurch an Stromstärke gewonnen wird, da dem weiter geführten Strome der Weg durch die Galvanometer-Gewinde erspart ist. — Bei einer anderen Stellung des Zeigers auf *H* kann die weitere Leitung der Ströme in den Liniendrähten unterbrochen werden, so dass die Leitungen zu beiden Seiten der Station in die Erde führen, und also beide Linien von einander unabhängig operiren können. —

Fig. 153.



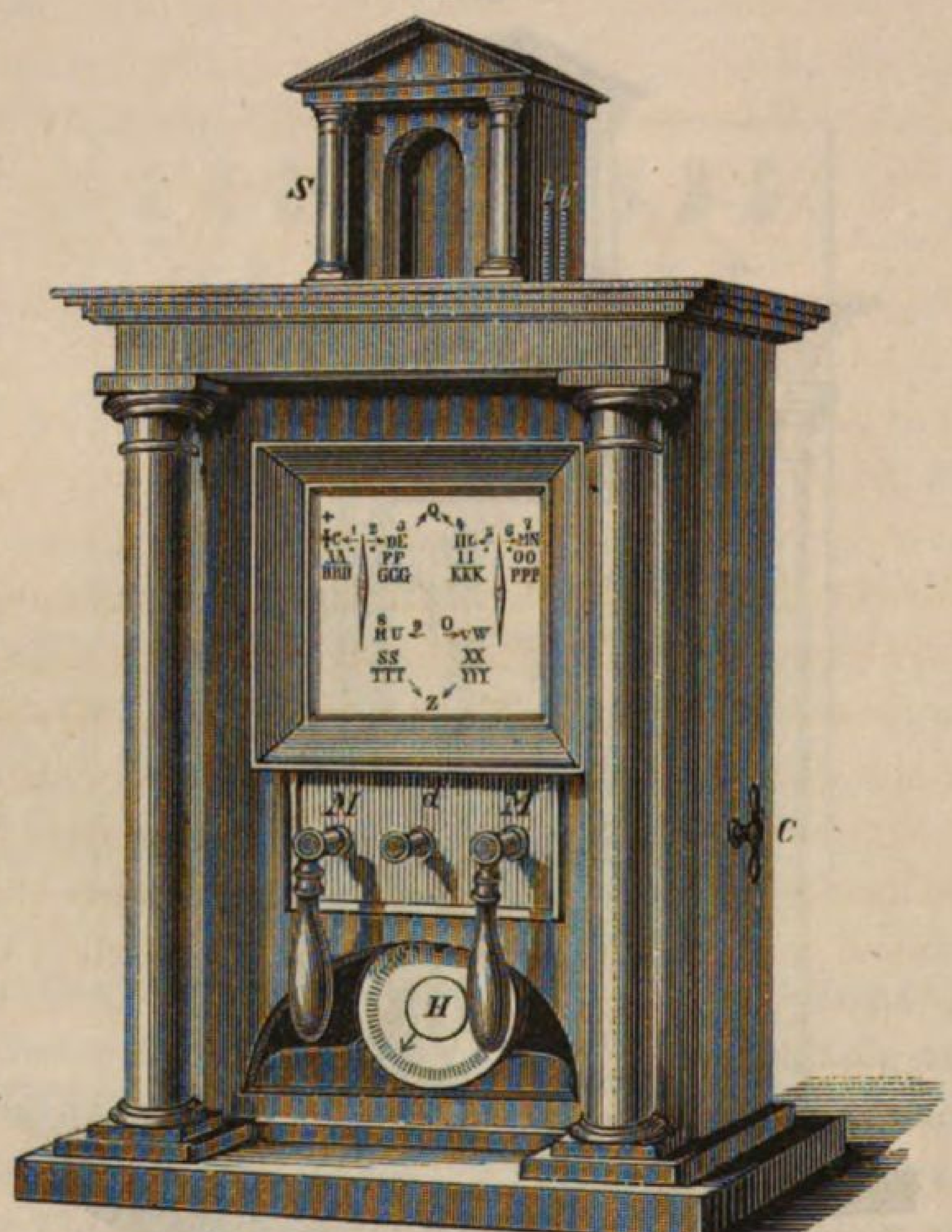
Durch den Knopf *d* zwischen den Griffen *M M'* können die Kreistheilungen, auf denen die, die Nadeln hemmenden Elfenbeinknöpfe befestigt sind, nach rechts oder links verschoben werden. Dies ist für den Fall von Nutzen, wenn die Nadeln durch constante elektrische Ströme abgelenkt werden, welche die atmosphärische Elektricität zuweilen in den Multiplicator-Gewinden unterhält. Man giebt dann den Elfenbeinknöpfen eine solche Stellung, dass die Nadeln trotz der zufälligen, dauernden Ablenkung zwischen den Knöpfen frei spielen können.

Das Gehäuse *S* über dem Apparate enthält das Läutewerk, dessen Elektromagnet durch den Linienstrom mittelst der beiden metallischen

Leitungen $b\,b'$ erregt wird. Nachdem der Beobachter das Zeichen erhalten hat, schaltet er mittelst des Griffes C die Glocke aus dem Strom aus, indem er diesen Griff horizontal stellt.

Nach Beendigung der Depesche stellt er den Griff wieder senkrecht, damit er durch die Glocke von dem Beginnen einer folgenden Depesche in Kenntniss gesetzt werden könne.

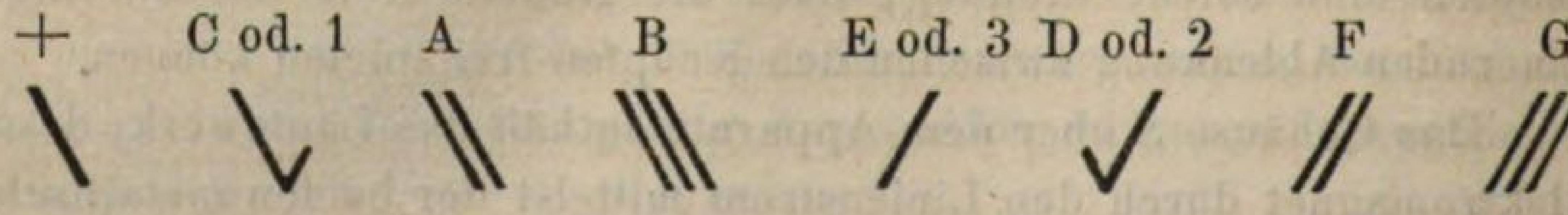
Fig. 154.



6. Die Schrift des Doppelnadel-Telegraphen. Durch die Beweglichkeit zweier Nadeln wird natürlich das Telegraphiren beschleunigt, die Zeichen für einen jeden Buchstaben des Alphabets sind folgende:

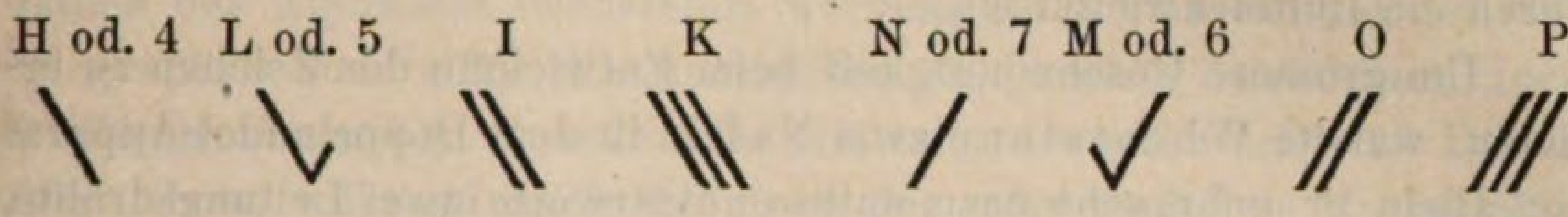
Die linke Nadel bezeichnet:

Fig. 155.



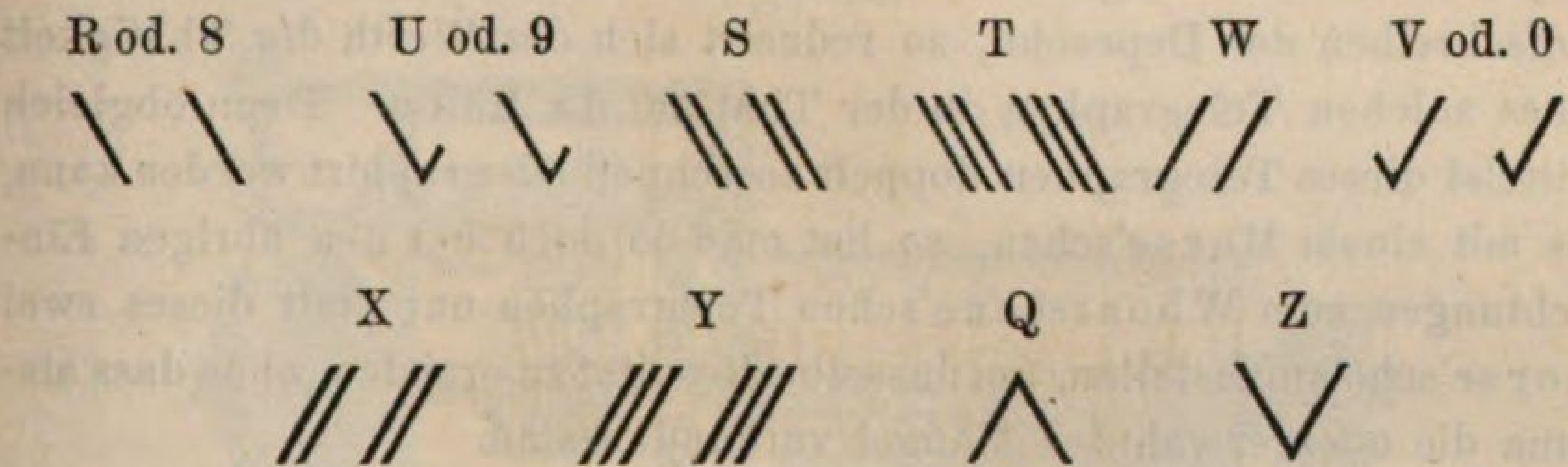
Die rechte Nadel bezeichnet:

Fig. 156.



Beide Nadeln gleichzeitig:

Fig. 157.



Die Striche der 3 Figuren haben dieselbe Bedeutung wie bei dem einfachen Telegraphen. Die Striche der Fig. 155 bezeichnen in den beiden von einander getrennten Theilen die gleichzeitige Stellung beider Nadeln in der Reihenfolge, wie die Gruppen der nahe bei einander stehenden Striche angeben. Wir sehen hieraus, dass beide Nadeln immer gleichzeitig dieselben Bewegungen machen, nur die beiden Buchstaben *Q* und *Z* machen eine Ausnahme, indem nämlich bei dem ersten die beiden obern Nadelspitzen sich gegen einander kehren, wogegen bei *Z* dies die unteren thun.

Ausser diesen beiden Nadeltelegraphen von Wheatstone, welche in England noch vielfach in Anwendung sind, ist meines Wissens sonst kein Nadeltelegraph mehr in Betrieb. Der in den vierziger Jahren in Frankreich als Staatstelegraph angewandte Nadeltelegraph von Bréguet ist jetzt durchweg durch den Morse'schen Schreibtelegraphen ersetzt. Wir übergehen aus diesem Grunde auch seine Beschreibung.

Die Beschreibung der jetzt folgenden, in anderen Ländern üblichen Telegraphen, wird es klar machen, warum die Nadeltelegraphen in den Hintergrund gedrängt sind. Wir haben vorn als einen Vorzug angegeben, dass der einfache Nadeltelegraph nur einen schwachen Linienstrom erfordere, allein die leichte Beweglichkeit der Nadel ruft dafür auch die oben erwähnte Erscheinung hervor, dass die atmosphärische Elektricität die Nadeln ablenkt, und wenn Wheatstone auch dagegen das genannte Auskunftsmittel mit der Drehung der Elfenbeinknöpfe anwendet, so ist

dasselbe doch keineswegs ausreichend, weil ja der atmosphärische Einfluss so wenig constant ist. Es treten dessen ungeachtet die Störungen durch die Luftelektricität ein.

Um grössere Geschwindigkeit beim Entwickeln der Zeichen zu erzielen, wandte Wheatstone zwei Nadeln in dem Doppelnadel-Apparat an; allein er gebraucht dazu nothwendigerweise zwei Leitungsdrähte, wodurch die Kosten der Anlegung und auch der Unterhaltung bedeutend erhöht werden. Nimmt man hierzu, dass beim Empfangen der Depeschen zwei Beamte in Thätigkeit sind, der eine zum Ablesen, der andere zum Aufschreiben der Depesche, so reducirt sich der Werth der Thätigkeit eines solchen Telegraphen in der That auf die Hälfte. Denn obgleich mittelst dieses Telegraphen doppelt so schnell telegraphirt werden kann, als mit einem Morse'schen, so hat man ja doch bei den übrigen Einrichtungen zum Wheatstone'schen Telegraphen nur statt dieses zwei Morse'sche aufzustellen, um dasselbe Resultat zu erzielen, ohne dass alsdann die oben erwähnten Mängel vorhanden sind.

Zu den Mängeln gehört vor Allem der, dass die Zeichen, zum Unterschiede von dem später zu besprechenden Schreibtelegraphen, sich dem Auge des Beobachters nur ganz vorübergehend darbieten, wodurch viel häufiger Irrthümer hervorgerufen werden, als im anderen Falle.

II.

Die elektromagnetischen Zeigertelegraphen.

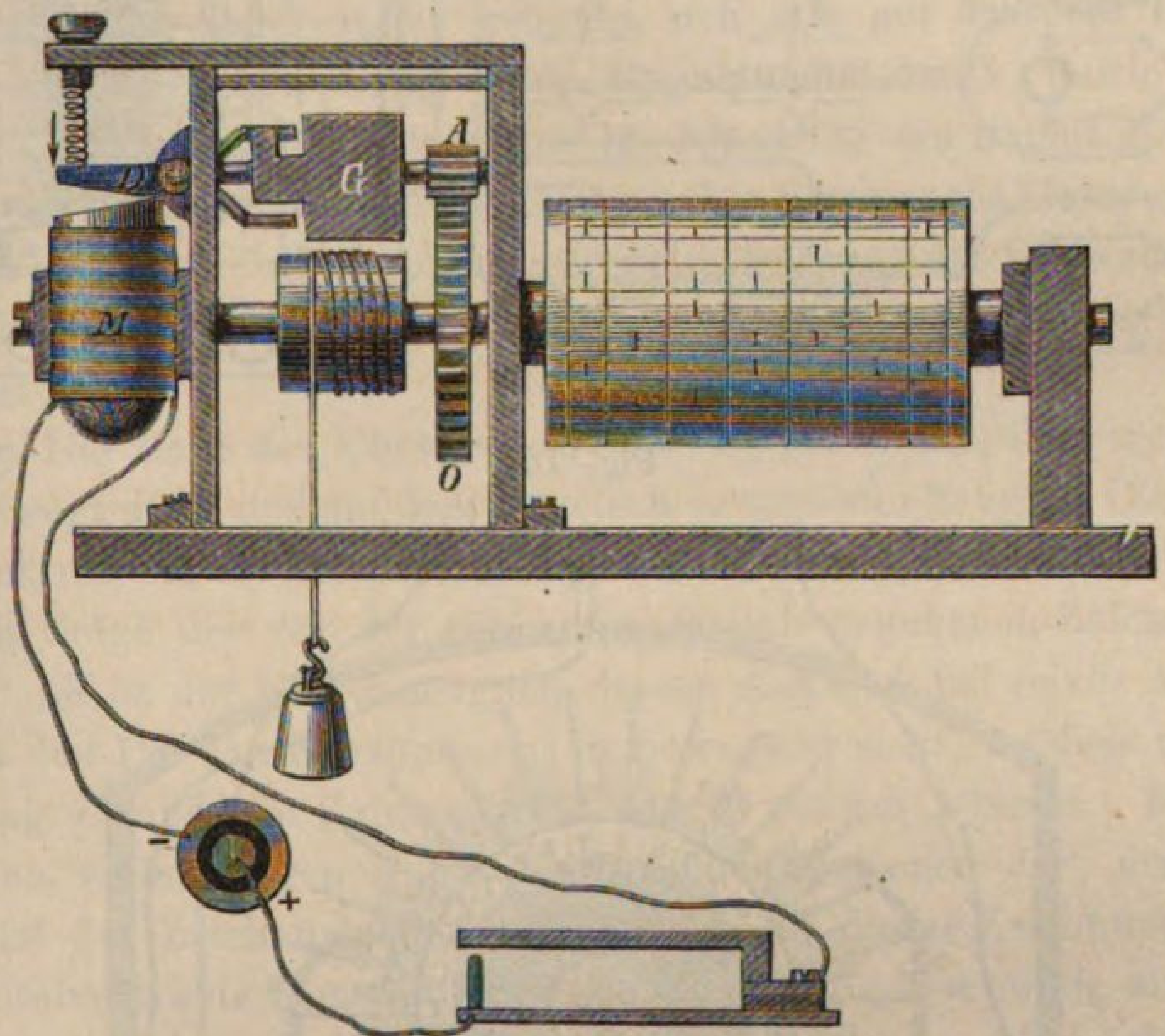
§ 7.

Die Telegraphen mit Uhrwerk von Davy und von Wheatstone.

1. Die Zeigertelegraphen. Bei der Frage nach dem vortheilhaftesten Telegraphen, der für einen bestimmten Zweck zu wählen sei, kommen verschiedene Umstände in Betracht, die je nach dem Ueberwiegen des einen oder anderen die Wahl bestimmen. Die Bequemlichkeit, die Geschwindigkeit und die Sicherheit des Telegraphirens sind die drei Hauptgesichtspunkte, welche die Art des Telegraphen bedingen. Besonders entscheidet bei der Wahl zwischen Zeiger- und Schreibtelegraphen

einer dieser Punkte. Während die Zeigertelegraphen auf dem Princip beruhen, dass die Depeschen durch Anzeigen der gewöhnlichen Buchstaben des Alphabets buchstabirt werden, reiht man bei den Schreibtelegraphen andere für die Buchstaben festgesetzte Zeichen auf einem Papierstreifen neben einander, die erst erlernt werden müssen. Daraus folgt, dass, während nach Kenntniss der sehr einfachen Manipulation sogleich ein Jeder mit einem Zeigertelegraphen zu telegraphiren im Stande ist, die Schreib- oder Drucktelegraphen erst nach Erlernung der

Fig. 158.



Schriftzeichen und deren Herstellung benutzt werden können. Wäre also die Bequemlichkeit der einzige Gesichtspunkt, so würde man sicher nur Zeigertelegraphen anwenden. Ein zweiter Gesichtspunkt ist aber die Geschwindigkeit, wozu dann nach Ueberwindung der Schwierigkeit, die das Erlernen des Telegraphirens bereitet, noch die grössere Zuverlässigkeit kommt. Grössere Geschwindigkeit und grössere Sicherheit muss aber unzweifelhaft den Drucktelegraphen im Vergleich mit den Zeigerapparaten zugestanden werden. Man findet daher die ersteren überall da eingeführt, wo Beamte vorhanden sind, deren einziges Geschäft das Telegraphiren ist. Es finden sich auf fast allen Staats-Telegraphenlinien der Continente Europa's und Amerika's nur Drucktelegraphen, dagegen sind auf den Privatlinien der Eisenbahnen noch vielfach Zeigertelegraphen in Anwendung, weil die auf den Stationen beschäftigten Be-

amten oft nur neben ihren übrigen Verrichtungen gleichzeitig den Telegraphendienst zu versehen haben, und mithin die Einweihung in denselben nur kurze Zeit erfordern darf.

Fig. 159.

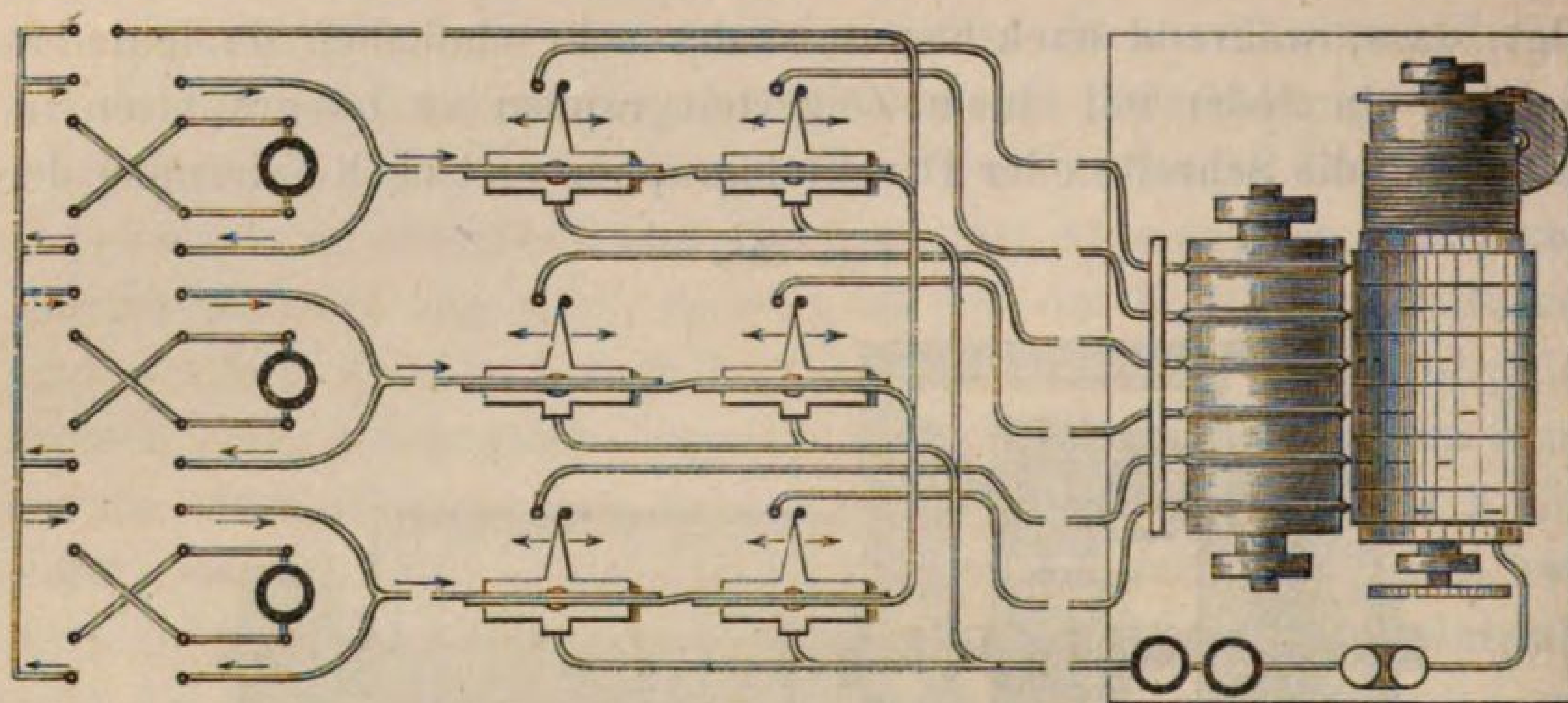
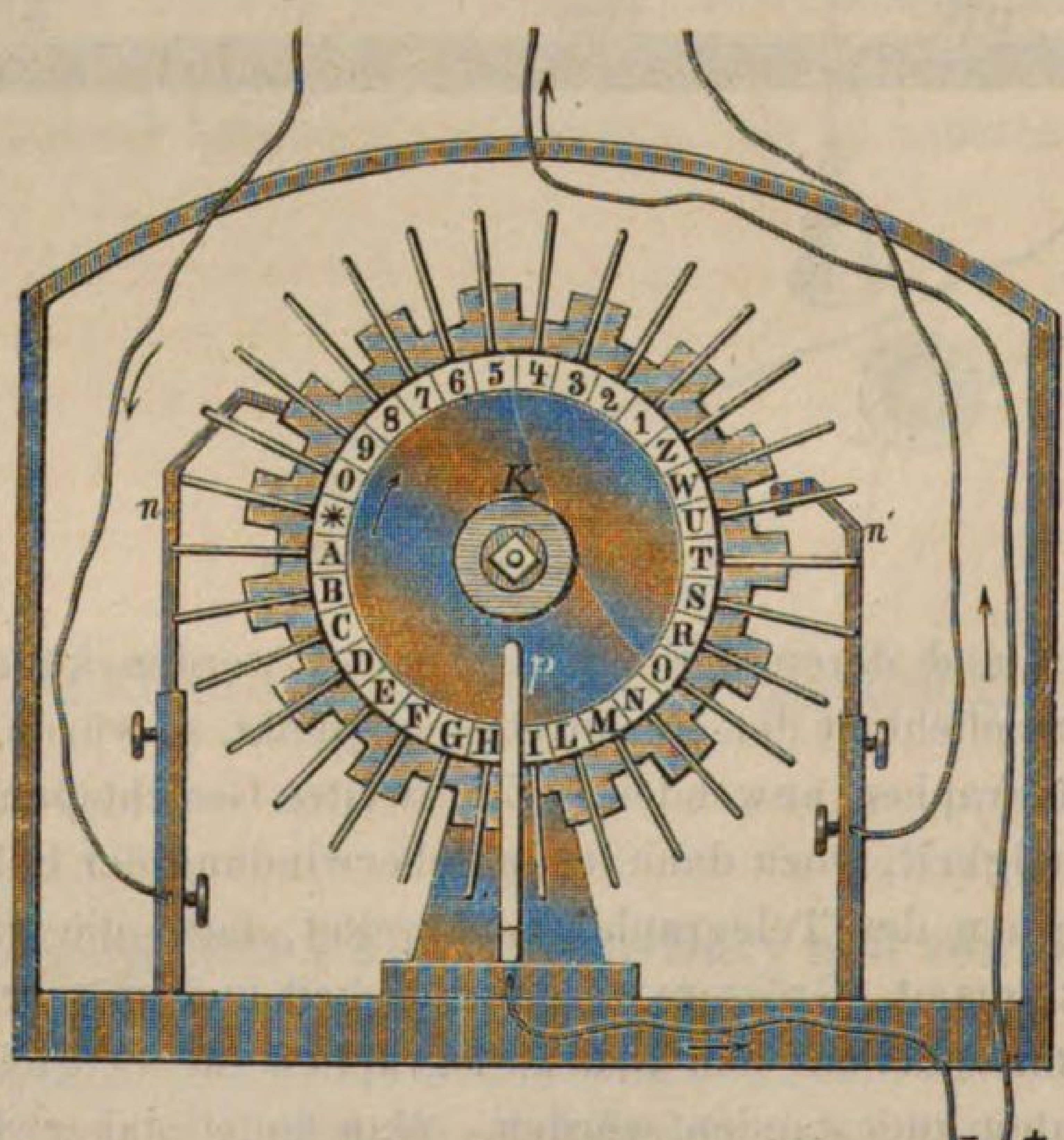


Fig. 160.



Bevor wir an die Beschreibung der Telegraphen gehen ist noch zu bemerken, dass an die Spitze ein Telegraph gestellt ist, der kein Zeigertelegraph ist, sondern zu den chemischen Telegraphen gehört. Der Telegraph von Davy muss aber aus anderen Gründen hier angeführt

werden. Er ist der Zeit nach früher erfunden als die anderen und muss besonders deshalb erwähnt werden, weil er zuerst das Princip zur Geltung brachte, die Thätigkeit, welche der Telegraph auf der Station auszuüben hat, nicht durch den galvanischen Strom, sondern einfach durch ein aufzuziehendes Uhrwerk ausführen zu lassen, welches dann in seinem Gange durch den von fern her gesandten Strom geregelt wird. Dieses Princip ist jetzt fast überall in Geltung.

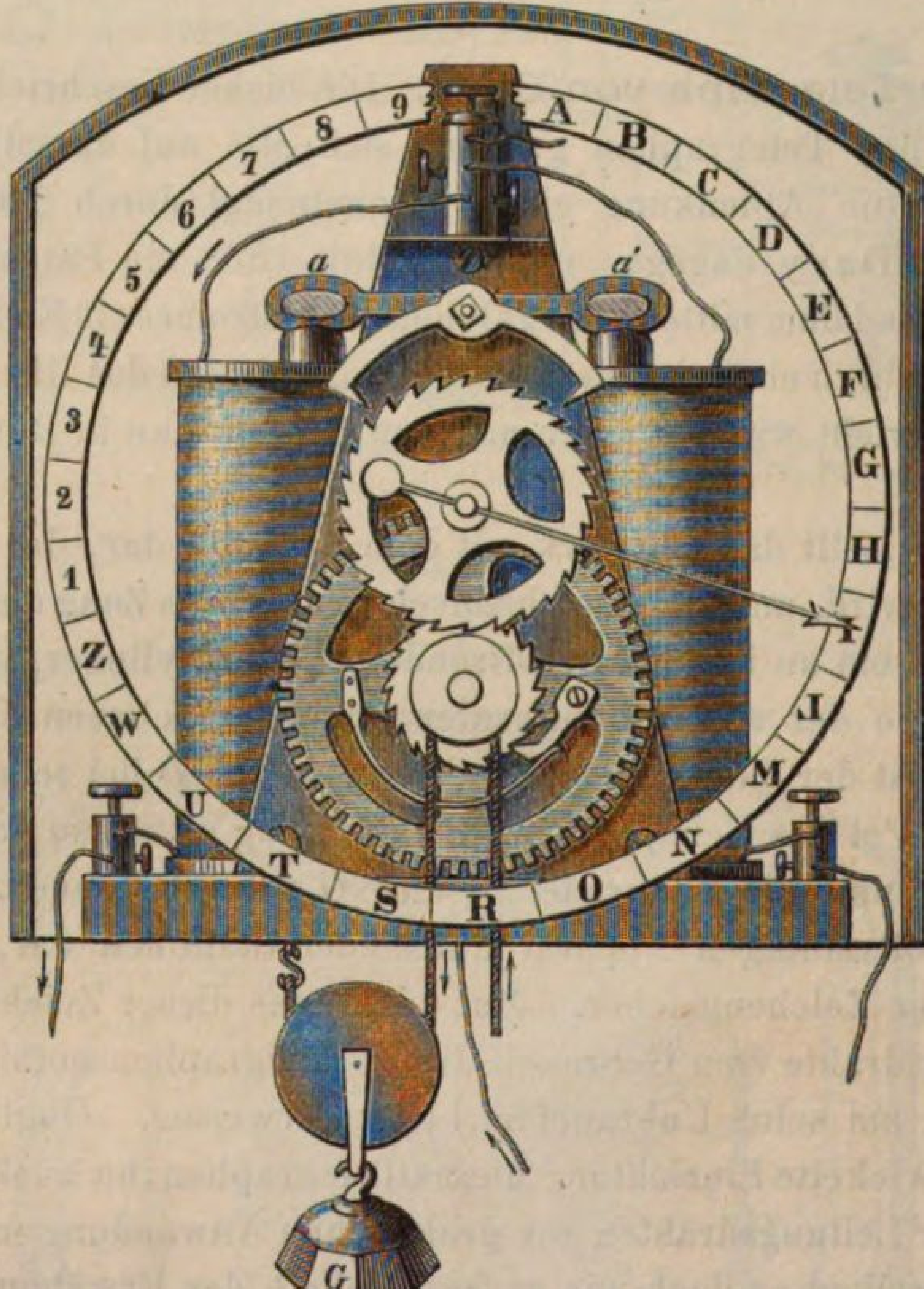
2. Der Telegraph von Davy. Die bisher beschriebenen elektromagnetischen Telegraphen gründen sich alle auf dasselbe Princip, nämlich auf die Ablenkung einer Magnetnadel durch Multiplicatorgewinde. E. Davy dagegen nahm im Juli 1838 ein Patent auf einen Telegraphen, bei dem mittelst des galvanischen Stromes ein Elektromagnet ein Uhrwerk durch ein Echappement regelte, während das Uhrwerk selbst durch ein Gewicht wie bei jeder anderen Gewichtuhr in Bewegung gesetzt wurde.

Fig. 158 stellt das Uhrwerk mit dem Cylinder dar, der durch dasselbe bewegt wird, und auf dem chemisch präparirtes Zeug die Eindrücke aufnimmt, die ein an ihm herumrotirender zweiter Cylinder, wie Fig. 159 zeigt, in Folge der von der entfernten Station gegebenen Zeichen hervorruft. *M* ist der Elektromagnet, dessen Anker *D* bei seiner Annäherung an den Pol das Echappement in Bewegung setzt, so dass nun der Windfang *G* und die Zahnräder *A* und *O* rotiren können. Fig. 159 stellt den vollständigen Apparat auf beiden Stationen dar, der Theil rechts ist der Zeichenmacher. Man sieht aus dieser Zeichnung, dass vier Leitungsdrähte zum Gebrauch dieses Telegraphen nöthig sind, und dies genügt, um seine Unbrauchbarkeit zu erweisen. Obgleich jedoch die sehr verwickelte Einrichtung dieses Telegraphen ihn auch abgesehen von den vier Leitungsdrähten zur praktischen Anwendung unbrauchbar macht, so verdient er doch wie gesagt deshalb der Erwähnung, weil an ihm zuerst das Princip der Anwendung einer mechanischen Vorrichtung zur Bewegung der Theile des Apparates zur Geltung gebracht wird, durch die den Telegrapheneinrichtungen eine neue Bahn gebrochen ward.

3. Wheatstone's Zeigertelegraph. Wheatstone benutzte jenes Princip zuerst bei Ausführung eines Telegraphen, und noch jetzt kommt dasselbe bei den am meisten gebrauchten Apparaten zur Anwendung. Die Figur 160 stellt den Zeichenmacher des Wheatstone'schen Zeigertelegraphen dar. Das Rad *K*, auf welchem die Buchstaben und Ziffern in einem Kreise herumstehen, wird von einem mit ihm in leitende

Verbindung stehenden Ständer getragen. Gegen die breiten Zähne dieses Rades, deren jeder zweien Buchstaben entspricht, so dass auf einen Zahn ein Buchstabe und auf die daneben liegende Vertiefung der folgende kommt, schleift auf jeder Seite ein Leiter n und n', die jedoch in ihrer Thätigkeit mit einander wechseln, so dass, wenn n einen Zahn

Fig. 161.



berührt, n' einer Vertiefung gegenüber ist. Nach diesen Leitern führen die Leitungsdrähte der folgenden Station, die also, wie man sieht, abwechselnd vom Strome durchflossen werden, welcher durch den Ständer nach der Säule zurückkehrt. Diese beide Drähte führen nun um die Elektromagnete des Zeigerapparats der folgenden Station, wie aus der Figur 161 zu erkennen ist. Durch die Wirkung des Magnetismus in einem der beiden Magnete wird der Hebel aa', und mit ihm das Echappement nach der einen oder anderen Seite gesenkt, und so das Uhrwerk, das durch das Gewicht G im Gang ist, nach Belieben aufgehalten.

Dadurch rückt der Zeiger von einem Buchstaben zum andern fort und wird auf dem angehalten, welcher telegraphirt werden soll. Die drei Klemmschrauben lassen erkennen, in welcher Weise der Strom geleitet ist.

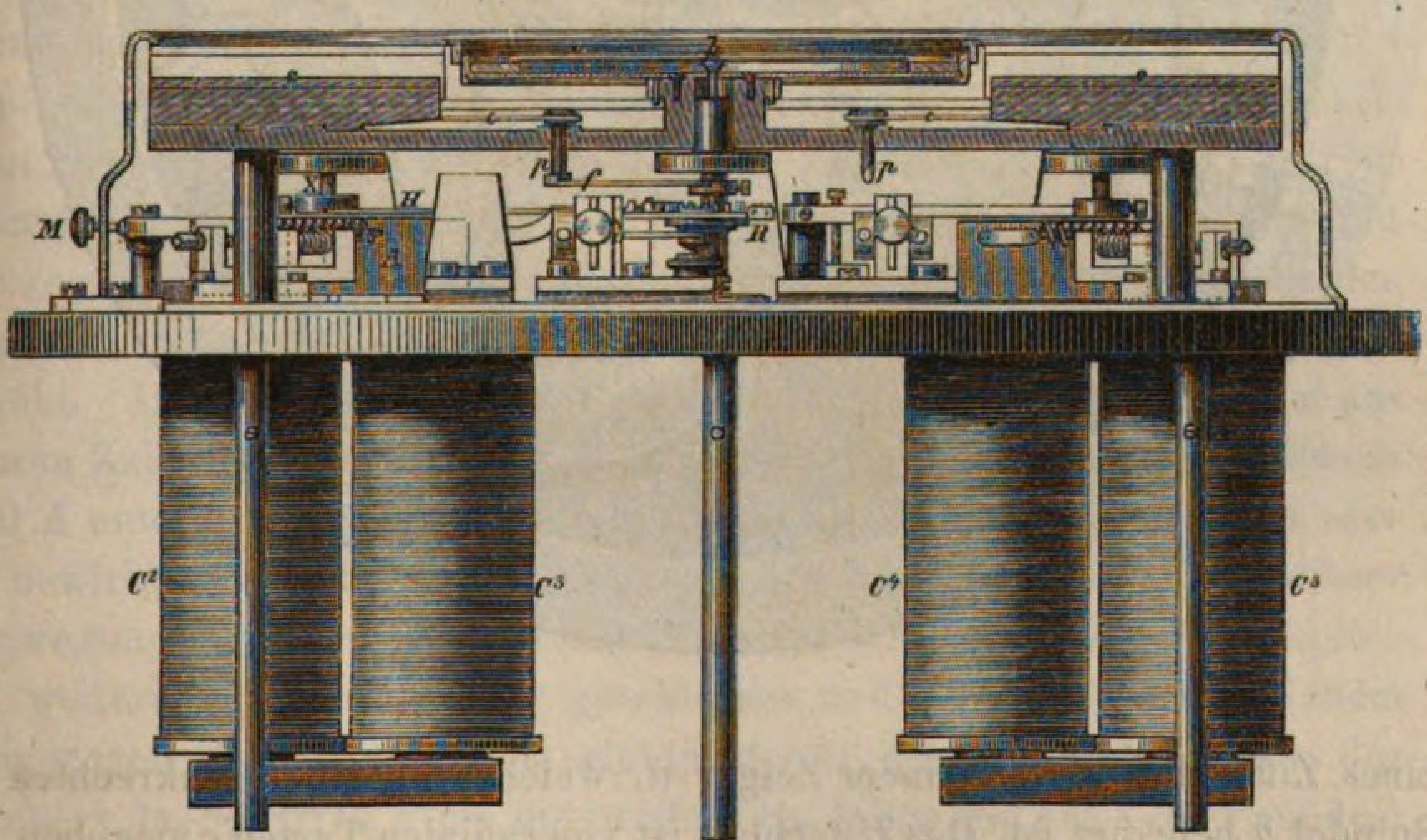
Stellt man nun vor Beginn des Telegraphirens an dem Zeichenmacher (Fig. 160) den Buchstaben *A* bei dem emporstehenden Stäbchen *p* ein, und gleichzeitig an dem anderen Apparat (Fig. 161) den Zeiger auf *A*, so muss derselbe immer den Buchstaben zeigen, welcher bei dem Zeichenmacher an dem Stabe *p* anlangt. In dieser Weise werden die Nachrichten buchstabirt.

§ 2.

Der Zeigertelegraph von Siemens und Halske.

1. Dieser Telegraph wird im Practical Mechanic's Journal, Mai 1852 folgendermassen beschrieben[1]): „Die Figur 162 stellt den Zeiger-

Fig. 162.



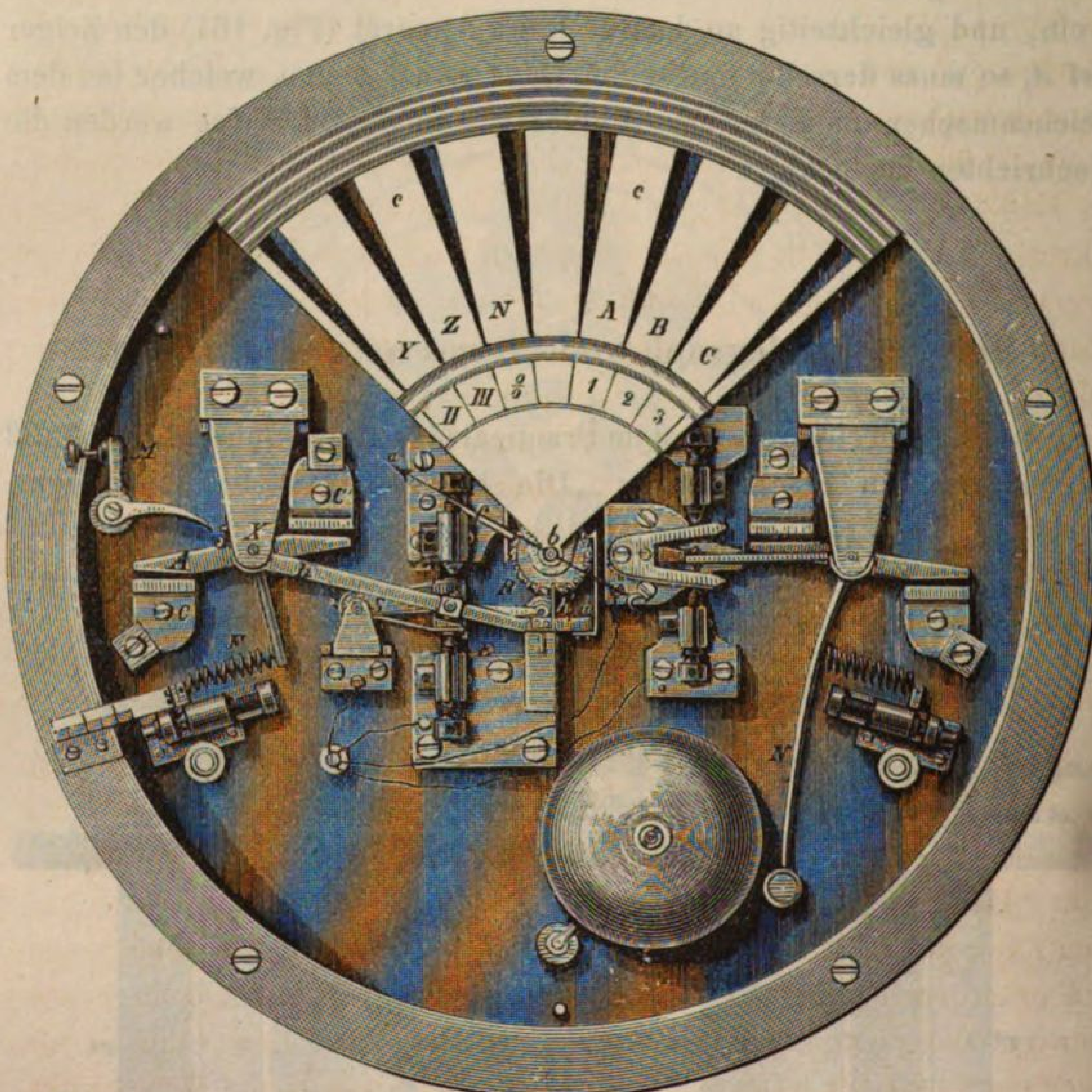
telegraphen mit Wecker im Durchschnitt, Fig. 163 im Grundrisse mit Hinweglassung des grössten Theiles der Tastatur dar. Denkt man sich durch die Mitten beider Ansichten eine senkrechte Linie gezogen, so gehört der Mechanismus links von dieser Linie zum Telegraphen, der

[1]) Dinglers Journ. 127 p. 255.

rechts zum Wecker. Beide Theile werden durch einen und denselben Telegraphendraht in Bewegung gesetzt. Die Nachricht gebenden und Nachricht empfangenden Instrumente sind vereinigt."

„Betrachtet man den Apparat von oben, so hat er das Ausseh‍n

Fig. 163.



eines Zifferblattes, mit einem Zeiger *a*, welcher an einer senkrechten Spindel *b* befestigt ist. Das Zifferblatt ist von radialen Tasten *c* umgeben, deren jede einen Buchstaben des Alphabets enthält, mit Ausnahme von zweien, welche das Intervall zwischen zwei Worten bezeichnen. Drückt man nun irgend eine Taste nieder, so wird irgend einer der schräg zugespitzten Stifte *p* (Fig. 162) mit hinabgedrückt, hebt sich dieselbe wieder, so wird der Stift durch eine der Federn *e* wieder in die Höhe gehoben. Die senkrechte Spindel *b* enthält ein Sperrad *R* mit eben so vielen Zähnen, als Tasten und Stifte vorhanden sind, und unmittelbar

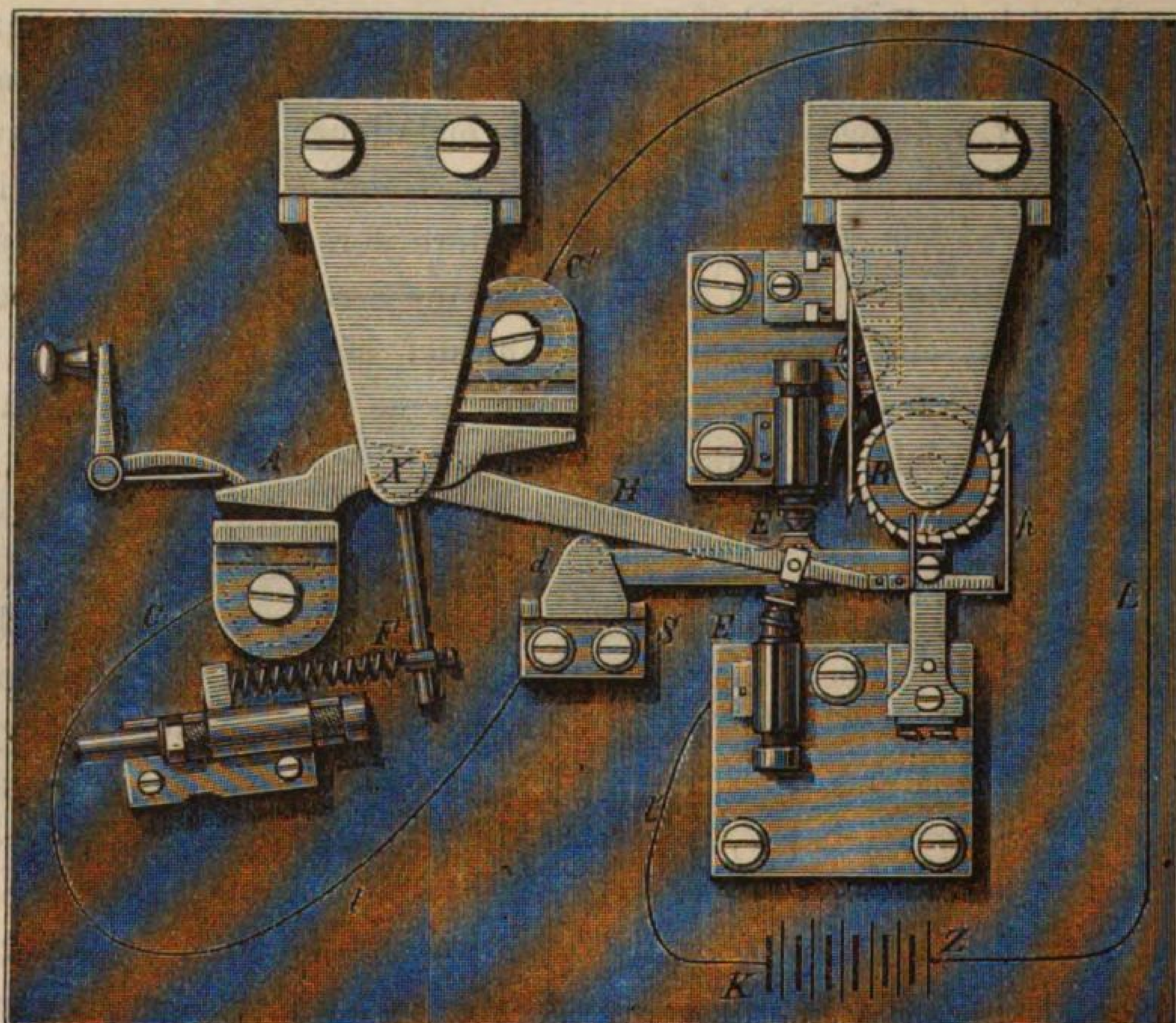
über dem Rade befindet sich ein Arm *f*, dessen Lage stets mit derjenigen des Zeigers *a* coïncidirt."

„Der Mechanismus, der das Sperrad in Bewegung setzt, ist Fig. 164 besonders dargestellt. *C*, *C'* sind die Pole eines hufeisenförmigen Elektromagneten, dessen Kupferdrahtwindungen C^2, C^3, Figur 162 sichtbar sind. Eine Armatur *A* oscillirt frei zwischen denselben um ihre Axe *X*. An die nämliche Axe ist ein Hebel *H* befestigt, mit einem Federhaken *h* und einem Einfall *h'*, welche in das Sperrrad *R* eingreifen. Eine adjustirbare Feder *F* hat ein beständiges Bestreben, den Anker *A* von den Polen des Elektromagneten hinwegzuziehen. Unmittelbar unter dem Hebel *H* befindet sich ein anderer metallener Hebel *S* mit zwei senkrechten Flanschen, zwischen denen der Hebel *H* oscillirt, wobei er abwechselnd gegen die eine und die andere derselben anschlägt und dadurch den Hebel *S* durch eine sehr kleine Strecke um seinen Stützpunkt *d* dreht, eine Bewegung, die auf der einen Seite durch eine Achatspitze *E'*, auf der anderen Seite durch eine Metallspitze *E* begränzt wird. *K*, *Z* bezeichnet die Batterie, *L* den Leitungsdraht, *l* und *l'* die Verbindungsdrähte. Wenn die Kette geschlossen ist, so geht der elektrische Strom von dem Pol *Z* durch den Draht *L*, durch die Umwindung des Hufeisenmagneten C^2, C^3, von diesem durch den Draht *l* und den isolirten Hebel *S* nach der Metallspitze *E* und von da durch den Draht *l'* nach dem Pol *K* in die Batterie zurück. Indem der Strom den Elektromagneten C^2, C^3 umkreist, zieht dieser den Anker an und bewegt daher den Hebel *H*, bis er gegen die senkrechte Flansche des Hebels *S* stösst und den letzteren gegen die isolirte Schraubenspitze *E'* treibt. Der Federhaken des Hebels *H* hat in diesem Moment einen anderen Zahn des Sperrrades *R* ergriffen. Da nun der elektrische Strom bei *E* unterbrochen ist, so hört die magnetische Kraft auf und die Feder *F* bewirkt die rückgängige Bewegung des Hebels *H*. Am Ende dieser Bewegung stösst der letztere den Contacthebel *S* gegen die Metallspitze *E*, wodurch die Kette wieder geschlossen und der Anker *A* von Neuem angezogen wird etc. Es ist einleuchtend, dass jede Oscillation des Ankers das Sperrrad *R* um die Breite eines Zahns und den Zeiger auf dem Zifferblatt von einem Buchstaben zum nächstfolgenden weiter bewegt."

„Angenommen nun, die Leitung *L* sei mit sämmtlichen Apparaten in Verbindung, und die Federn *F* seien alle nahezu gleich adjustirt, so werden, wenn der Strom eingeleitet wird, sämmtliche Anker gleichzeitig angezogen. Jedes Instrument öffnet alsdann die Kette für sich, und seine Armatur bewegt sich sogleich zurück, um sie wieder zu schliessen. Ein elektrischer Strom ist nicht eher möglich, als bis alle Instrumente diese Bewegung

vollbracht und somit die Kette geschlossen haben. Sogleich findet eine zweite gleichzeitige Bewegung der Anker statt, wobei die Zeiger der verschiedenen Zifferblätter offenbar eine übereinstimmende Bewegung machen müssen. Diese Oscillationen folgen einander mit einer Schnelligkeit von 25 in einer Sekunde. Drückt man nun in einem der Instrumente eine Taste nieder, so wird der Hebel *f* durch den mit der Taste nieder-

Fig. 164.

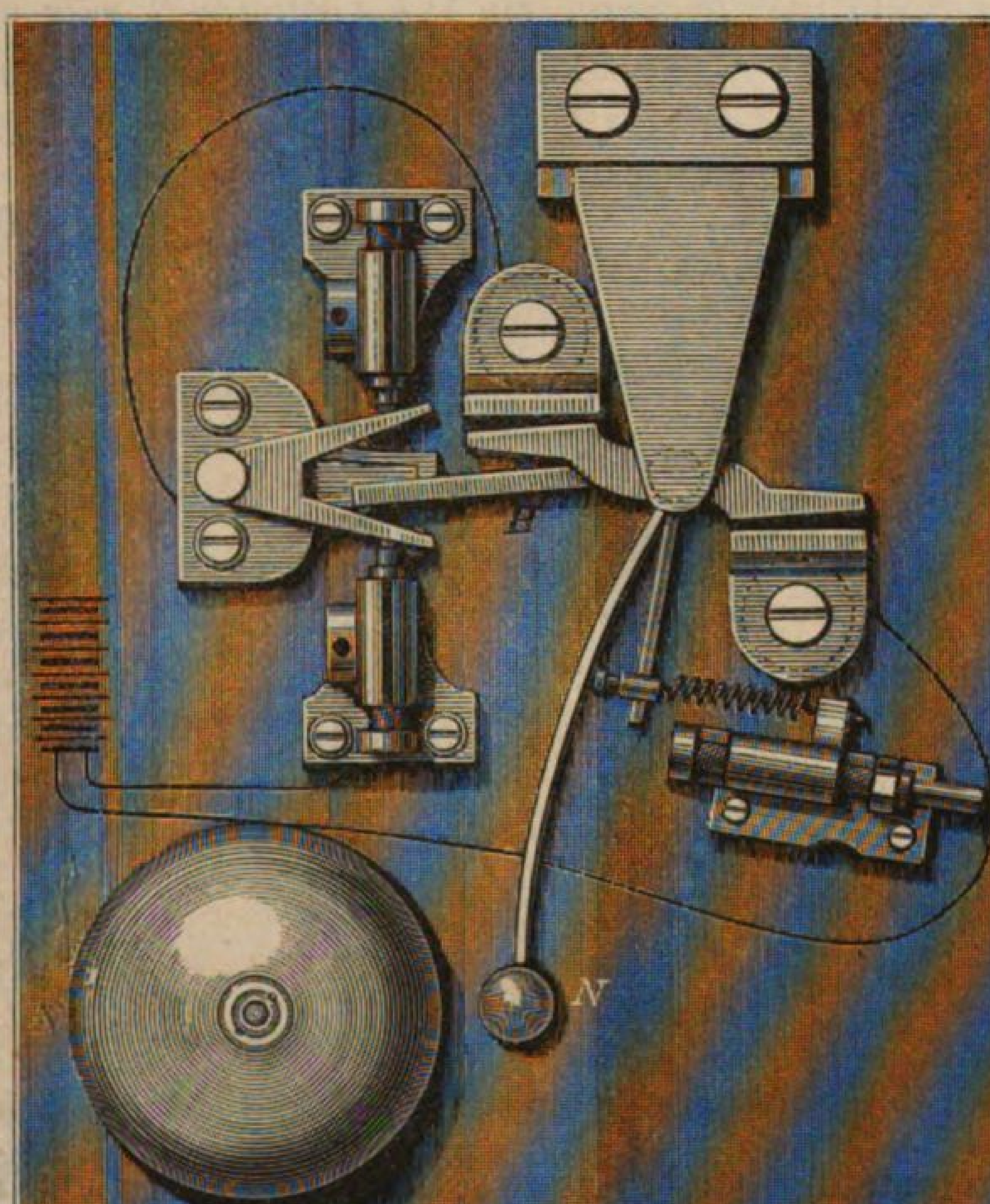


gedrückten Stift *p* in seiner Rotation aufgehalten, wodurch er die rückgängige Bewegung des Hebels *H* verhindert. In den übrigen Apparaten wird der Contact wieder hergestellt; da aber die Kette nicht vollständig geschlossen ist, so sind sie so lange ausser Thätigkeit bis die niedergedrückte Taste wieder frei wird. Die Zeiger der verschiedenen Instrumente werden daher jedesmal an dem Buchstaben der niedergedrückten Taste angehalten. Somit wird die Transmission der ganzen Depesche nach einer der verschiedenen Stationen durch Hinabdrücken der Tasten bewerkstelligt. Die nöthige Uebereinstimmung in der Stellung sämmtlicher Zeiger ist leicht herzustellen. Der Telegraphirende an der Endstation drückt nämlich nur die glatte, buchstabenlose Taste nieder

und die anderen bewegen die Zeiger ihrer Instrumente auf das nämliche Zeichen, indem sie ihre Armaturen mittelst eines Knopfes *M* in Bewegung setzen."

2. Der Wecker. Dieser befindet sich rechts vom Telegraphen und besteht aus den Theilen, welche Fig. 165 darstellt. Er wird gleich-

Fig. 165.

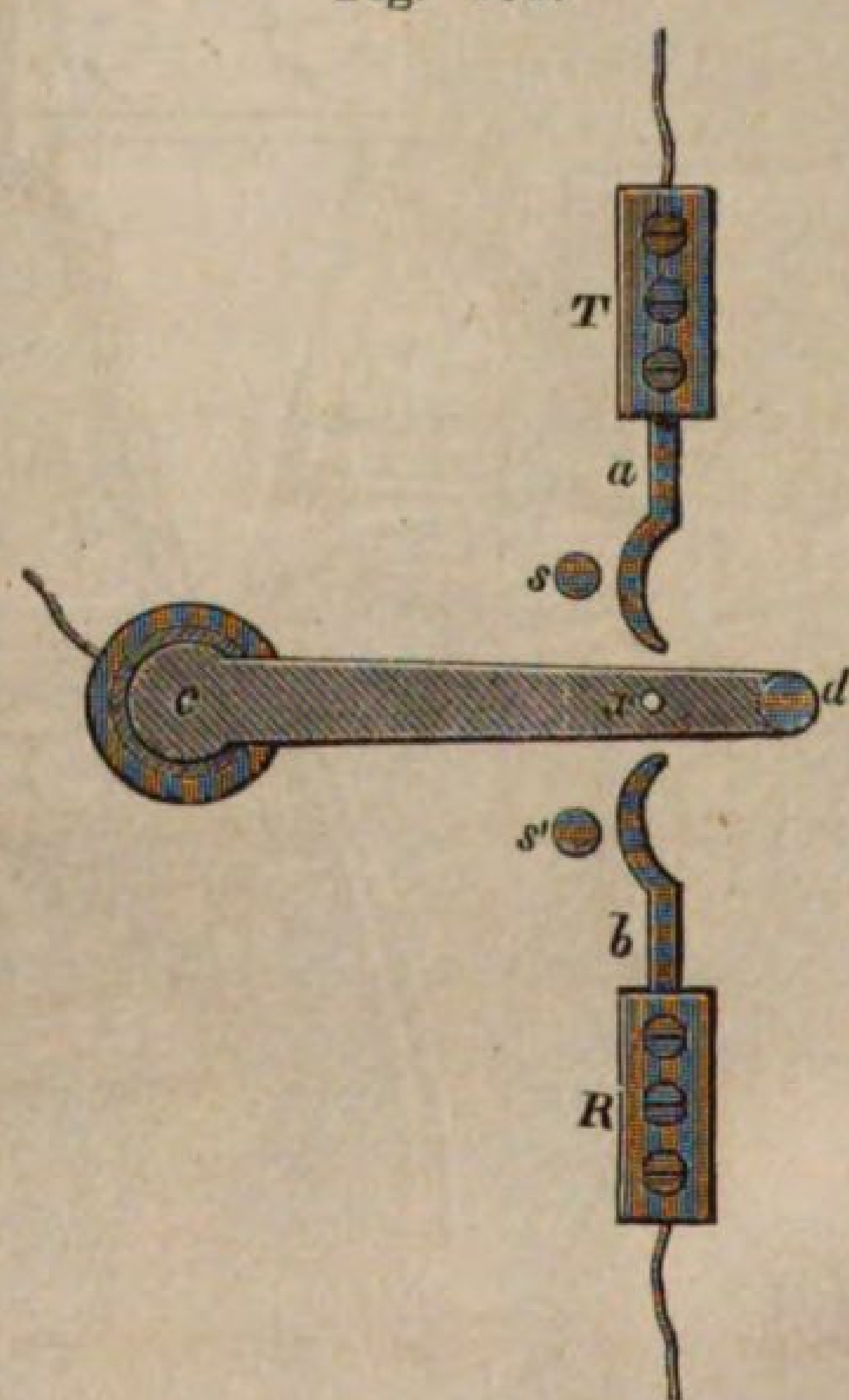


falls nur durch die Kraft des elektrischen Stromes und vermittelst des nämlichen Telegraphendrahtes in Thätigkeit gesetzt. Er hat den Zweck, die Aufmerksamkeit des Beamten an einer entfernten Station zu erregen, während die Telegraphen selbst in Ruhe sind. Dreht man nämlich den Arm des Commutators (Fig. 166) aus der mit „Ruhe" (*R*) in die mit „Telegraph" (*T*) bezeichnete Lage, so geht der Batteriestrom durch die Windungen des Weckermagneten C^4, C^5 Fig. 130 der entfernten Station. Der Mechanismus dieses Weckers ist demjenigen des Telegraphen ganz ähnlich, nur dass, anstatt des Armes *H* des letzteren, hier die Armatur einen Hammer *N* in Bewegung setzt, welcher so lange an die Glocke schlägt, bis der

Commutator-Arm der andern Station sich auf „Telegraph" bewegt, worauf der Zeiger des Zifferblattes seinen Umlauf beginnt.

3. Der Commutator. Um jedoch zu verstehen, wie es möglich ist, dass trotz eines Drahtes bald der Wecker bald der Telegraph allein durch Commutation des Stromes in Thätigkeit kommen kann, ist es nöthig die Commutator-Einrichtung und die Verbindung der Leitung zweier Telegraphen auf den correspondirenden Stationen kennen zu lernen.

Fig. 166.



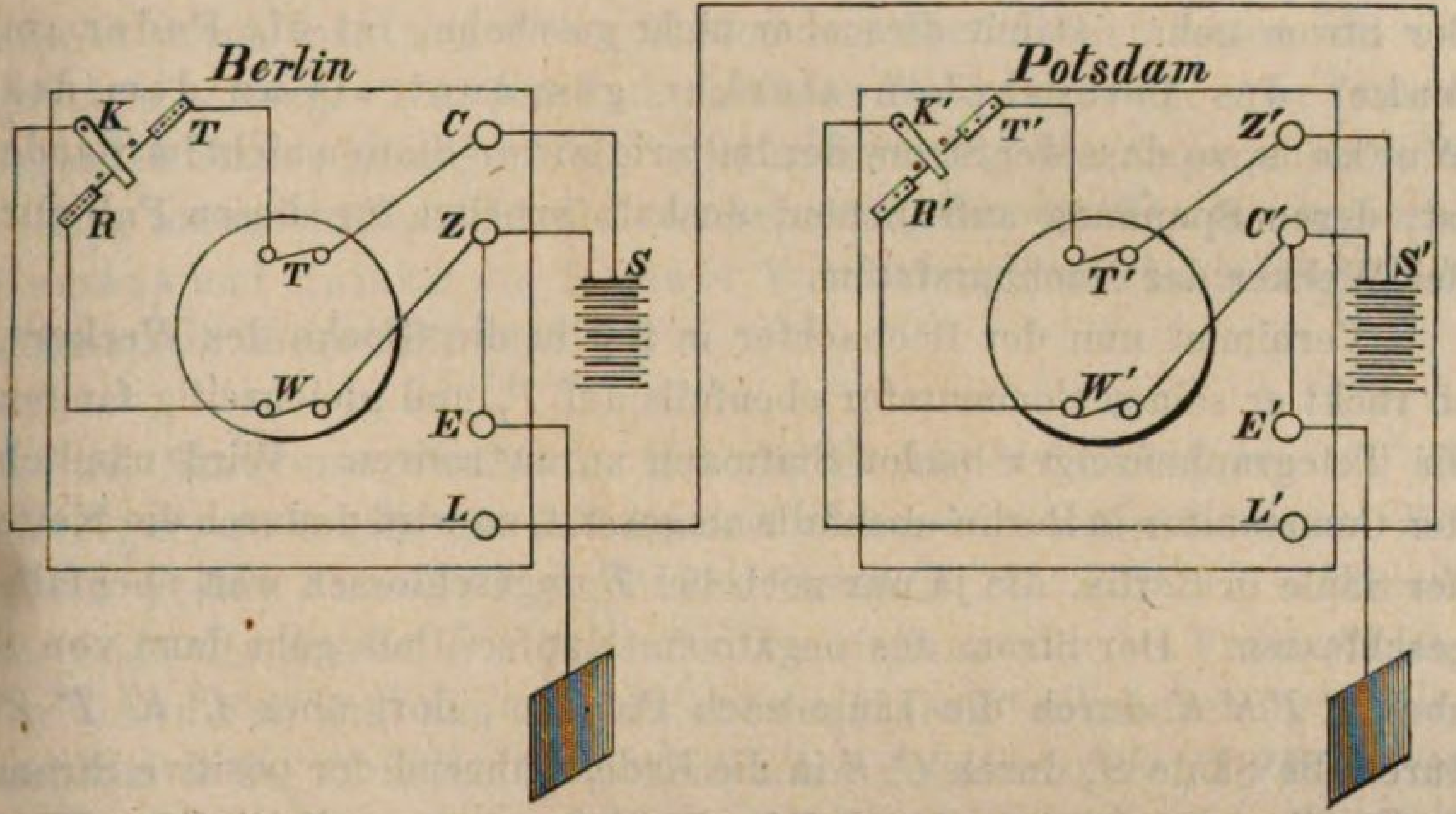
Der Commutator besteht aus zwei Metallklemmen *T* und *R*, Fig. 166, deren jede eine Feder *a* und *b* trägt. Ein Kurbelarm *c d* steht bei *c* mit der Leitung von der Säule her in Verbindung, während die Klemmen *T* unn *R* ebenfalls leitend verbunden sind. Bei der Stellung der Kurbel in der Zeichnung findet keine leitende Verbindung statt, dreht man aber die Kurbel nach oben oder nach unten, bis sie gegen einen der beiden Stifte *s* oder *s'* liegt, so schleift der nach hinten stehende Stift *x* gegen eine der Federn *a* oder *b* und stellt so die metallische Verbindung einer der beiden Seiten her, so dass dann ein von *c* kommender Strom sich nach *T* oder *R* hin fortsetzen kann.

4. Der Stromlauf zwischen den einzelnen Theilen des Apparates. Mittelst dieses Commutators und der Thätigkeit einer

Batterie auf jeder Station ist es nun möglich, nach Belieben den Wecker auf der fern liegenden Station, oder beide Telegraphen in Bewegung zu setzen. Dies geschieht in folgender Weise.

Gesetzt Berlin und Potsdam wären die beiden correspondirenden Stationen, und Fig. 167 stelle ihre Apparate dar. *S* und *S'* seien die galvanischen Säulen, *C*, *Z*, *E* und *L* vier Klemmschrauben auf der einen und *Z'*, *C'*, E' und *L'* die vier entsprechenden auf der andern Station. Nach *C* und *C'* führen die Leitungsdrähte vom Kupferpol der Säule, nach *Z* und *Z'* die vom Zinkpole. Auf der einen Station (Berlin) führt vom

Fig. 167.



Kupferpole (*C*) die Leitung nach dem Telegraphen *T* und von da nach der gleichbezeichneten Klemme am Commutator, auf der Station Potsdam dagegen führt die Leitung vom Zinkpol *Z'* nach den beiden *T'*. Die anderen Pole führen entweder nach dem Wecker *W*, oder durch die Klemmschraube *E* in die Erde. Die Leitung durch den Wecker geht dann weiter nach der Klemme *R* oder *R'* am Commutator, von dessen Kurbelschraube *K* aus sie nach *L* oder *L'* führt, welche beiden Schrauben die Leitung von Berlin nach Potsdam aufnehmen und so beide Apparate mit einander verbinden.

Sind nun die Kurbeln des Commutators beide nach *R*, d. h. „Ruhestellung" gekehrt, so wird eine Verfolgung der Leitungsdrähte ergeben, dass kein Strom möglich ist, weil man immer auf eine Lücke in dem Kreise kommt. Diese Stellung haben die Commutatoren beider Stationen, wenn nicht telegraphirt wird. Will nun Potsdam eine Depesche nach Berlin senden, so dreht es seine Commutatorkurbel *K'* nach *T'*, d. h.

„Telegraph". Im selben Augenblicke, wo dies geschieht, fängt der Wecker in Berlin an zu läuten. Es geht nämlich dann vom Zinkpol *Z'* der Säule *S'* in Potsdam der Strom durch den Telegraphen *T'* nach dessen Klemme *T'*, von da über *K'* nach *L'* und durch den Liniendraht nach Berlin nach *K R W* bis *Z*. Hier könnte der Strom durch die Berliner Säule gehen, wenn bei *T* am Commutator der Strom geschlossen wäre, da dies aber nicht der Fall ist, so geht der Strom nun von *Z* aus über *E* in die Erde, während auf der Potsdamer Station der negative Strom von *C'* über *E'* ebenfalls in die Erde geleitet ist.

Nach diesem Stromlauf müsste nun mit dem Wecker in Berlin gleichzeitig der Telegraph in Potsdam arbeiten, durch den ja ebenfalls der Strom geht. Damit dies aber nicht geschehe, ist die Feder am Anker des Telegraphen stärker gespannt als an dem des Weckers, so dass der Strom der Batterie einer Station nicht im Stande ist, deren Spannung aufzuheben, deshalb arbeitet für diesen Fall nur der Wecker der Nachbarstation.

Vernimmt nun der Beobachter in Berlin die Glocke des Weckers, so rückt er seinen Commutator ebenfalls auf *T*, und gleichzeitig fangen die Telegraphenzeiger beider Stationen an zu rotiren. Wird nämlich der Commutator in Berlin ebenfalls umgesetzt, so wird dadurch die Kette der Säule in Berlin, die ja nur noch bei *T* ungeschlossen war, ebenfalls geschlossen. Der Strom des negativen (Kupfer-)Pols geht dann von *S* über *C T K K* durch die Linie nach Potsdam, dort über *L' K' T' Z* durch die Säule *S'*, durch *C' E* in die Erde, während der positive Strom der Berliner Säule über *Z* und *E* in die Erde muss, weil jetzt der Weg von *Z* über *W* nur bis *R* geht, wo die Kette offen ist. Dadurch, dass jetzt beide Säulen mit in den Kreis aufgenommen sind, hat der Strom fast doppelte Stärke erhalten und ist nun im Stande die Spannkraft der Federn am Anker durch den stärkeren Magnetismus zu überwinden, den er in dem Elektromagneten des Telegraphen erregt.

Diese Darstellung zeigt gleichzeitig, warum es nöthig ist, die Leitung von der Säule der einen Station umgekehrt wie die von der andern mit dem Apparate in Verbindung zu bringen; denn nur auf diese Weise sind beide Säulen zu einer verbunden und verstärken sich gegenseitig.

5. Der Umschalter. Wir haben bis jetzt die Wege betrachtet, welche der Strom durch zwei benachbarte Stationen und ihre Leitung nimmt, wenn diese unter einander correspondiren. Für den Fall nun, dass eine Depesche nach einer entfernteren Station ihren Weg nehmen, und man auf den dazwischen liegenden Stationen nicht gezwungen sein

soll, dieselbe immer erst umzutelegraphiren, bedarf es auf diesen Zwischenstationen bestimmter Vorrichtungen, um die Nachricht durch den Apparat selbst weiter befördern zu lassen.

Zu diesem Zwecke dient eine Vorrichtung, welche der Zwischenwecker genannt wird, und die eigentlich aus zwei Apparaten besteht, nämlich einem Wecker und einen Umschalter. Der Wecker hat im Allgemeinen die Einrichtung des bereits beschriebenen Weckers und steht in Verbindung mit dem Umschalter. Mittelst dieses Umschalters wird es nun möglich, auf den Zwischenstationen eine Aenderung des Stromlaufs zu Wege zu bringen.

Auf jeder Zwischenstation befinden sich zwei Zeigerapparate, mittelst deren man von dieser Station aus nach beiden Seiten hin zu sprechen vermag. Für den Fall, dass eine Nachricht nach einer ferner liegenden Station gelangen soll, ist es nothwendig, den Apparat aus der Leitung auszuschalten. Um diese Umschaltung herzustellen, construirten Siemens und Halske die folgende Vorrichtung, welche in Fig. 168 schematisch dargestellt wird.

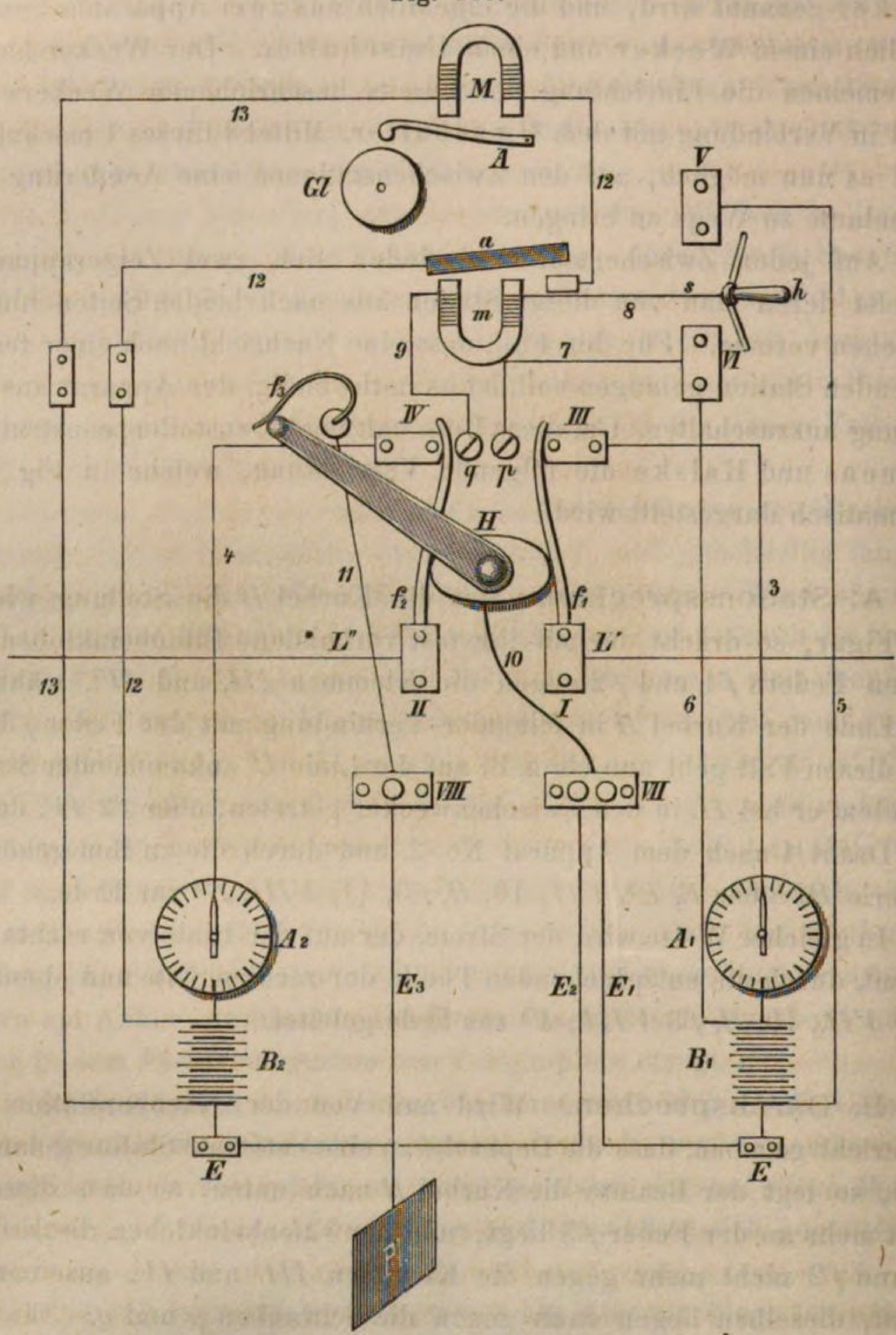
A. Stationssprechen. Hat die Kurbel *H* die Stellung wie in der Figur, so drückt der mit ihr fest verbundene Elfenbeinkloben die beiden Federn *f* 1 und *f* 2 gegen die Klemmen *III.* und *IV.*, während das Ende der Kurbel *H* in leitender Verbindung mit der Feder *f* 3 ist. Für diesen Fall geht nun ein z. B. auf der Linie *L''* ankommender Strom, nachdem er bei *II.* in den Zwischenwecker getreten, über *f* 2 *IV.* durch den Draht 4 nach dem Apparat No. 2. und durch die zu ihm gehörige Batterie *B* 2 über *E*, E^2, *VII.*, 10, *H*, *f* 3, 11, *VIII*, E^3 zur Erde.

In gleicher Weise wird der Strom, der auf der Linie von rechts her kommt, durch die entsprechenden Theile der rechten Seite und ebenfalls über *VII.*, 10, *H*, *f* 3 *VIII.*, E^3 zur Erde geleitet.

B. Durchsprechen. Wird nun von der Nachbarstation die Nachricht gegeben, dass die Depesche an eine entfernte Station gelangen solle, so legt der Beamte die Kurbel *H* nach unten, so dass dieselbe nicht mehr an der Feder *f* 3 liegt, und der Elfenbeinkloben die Federn *f* 1 und *f* 2 nicht mehr gegen die Klemmen *III.* und *IV.* auseinander presst, dieselben liegen dann gegen die Schrauben *p* und *q*. Ein auf *L''* ankommender Strom geht dann bei *II.* in den Zwischenwecker und über f_2, *q*, 9, durch die Spirale des Elektromagneten *m* nach 8, *V.*, 5, B_1, 6, *VI.*, 7, *p*, f_1, *L'* zur nächsten Station. Die hierbei eingeschaltete neue Säule dient zur Verstärkung des weiter geleiteten Stromes.

Sobald der Magnet *m* den Anker *a* angezogen hat, schliesst er hier die Batterie B_2, diese magnetisirt den Elektromagneten *M* und der herangeholte Anker *A* schlägt an die Glocke *Gl.*

Fig. 168.



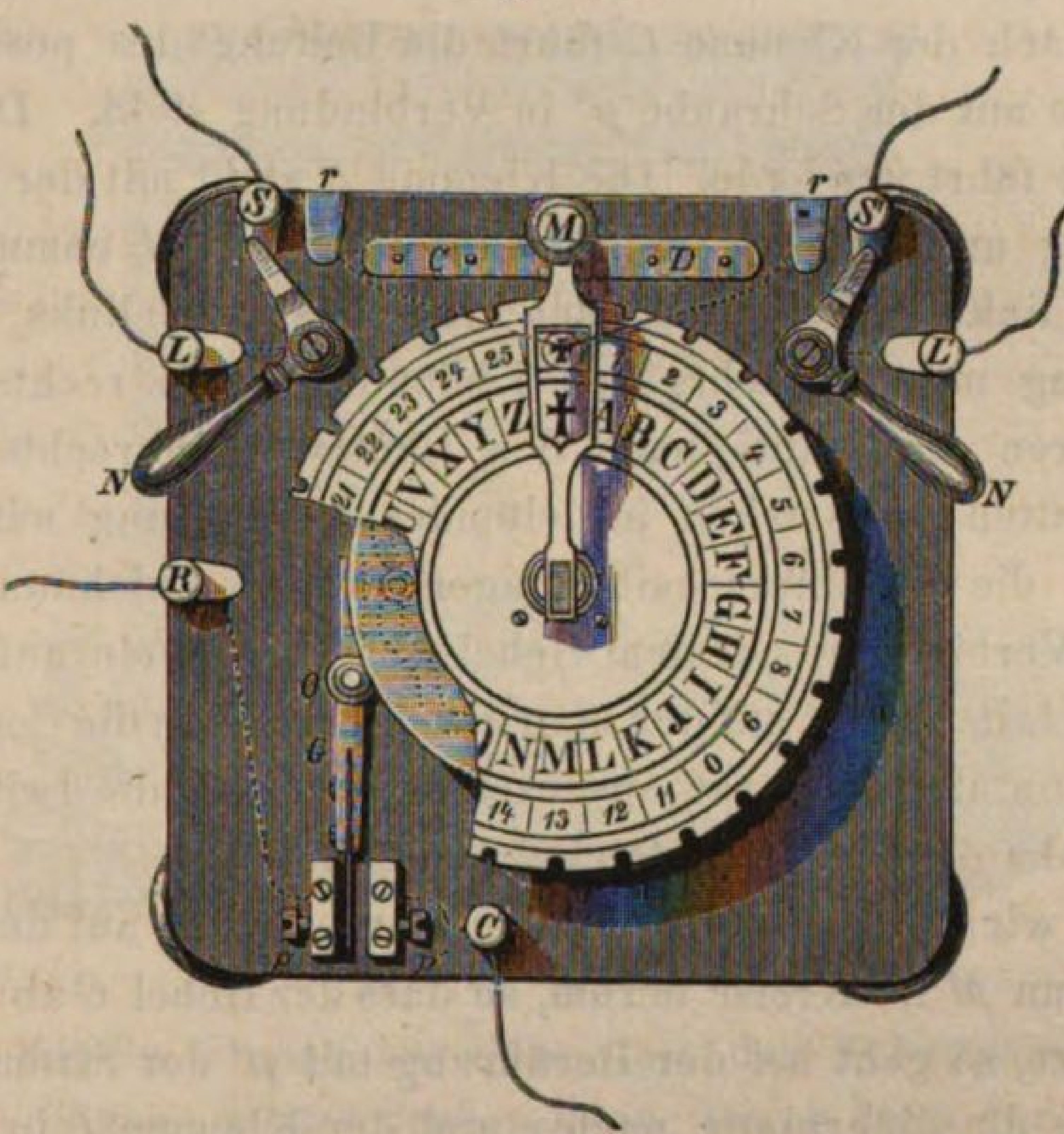
Soll ohne Zwischenwecker durchgesprochen werden, so verbindet man L' mit 5 und L'' mit 6, dann ist die Batterie B_1 eingeschaltet. Beim Durchsprechen ohne Batterie wird L'' mit L' direkt verbunden.

§ 9.

Der Zeigertelegraph von Bréguet.[1])

Wie der eben beschriebene Telegraph in Deutschland, so ist der von **Bréguet** in Frankreich mehrfach in Anwendung, besonders zur Specialcorrespondenz für den Eisenbahndienst und auf kleineren und Privatstationen.

Fig. 169.



1. Der Zeichenmacher. Der Telegraph von **Bréguet** ist seiner äusseren Form nach insofern von dem **Siemens-Halske**schen verschieden, als der Zeichenmacher von dem Zeichengeber getrennt ist. Dem Wesen nach unterscheidet er sich von jenem dadurch, dass der Zeiger hier nicht mittelst des Linienstromes, sondern durch ein Uhrwerk in Bewegung gesetzt wird. Der die Zeichen machende Apparat besteht in einer Blechscheibe, die durch drei metallische Säulen auf einer Holzplatte befestigt ist, wie die Fig. 169 zeigt. Die Scheibe ist in 26 Sektoren getheilt, auf denen die Buchstaben und Ziffern stehen. Jedem Sektor entspricht ein Ausschnitt am Rande der Scheibe. Unter dieser

[1]) Télégraphie électrique p. Gavarret p. 114.

Scheibe befindet sich ein Rad mit eben so viel Ausschnitten, wie in der oberen Scheibe sind. Die Axe des Rades ist mit einer Kurbel *M* über der Scheibe in Verbindung. Der metallische Hebel *G* ist um die Säule *O* beweglich, welche die obere Scheibe trägt, und ist am hinteren Theile mit dem Rade in Berührung. Wird nun die Kurbel *M* gedreht, so ertheilt das untere Rad dem Hebel *G* eine Bewegung hin und her, so dass dieser abwechselnd die Schrauben *p* und *p'* berührt und zwar *p* bei den geraden und *p'* bei den ungeraden Zahlen.

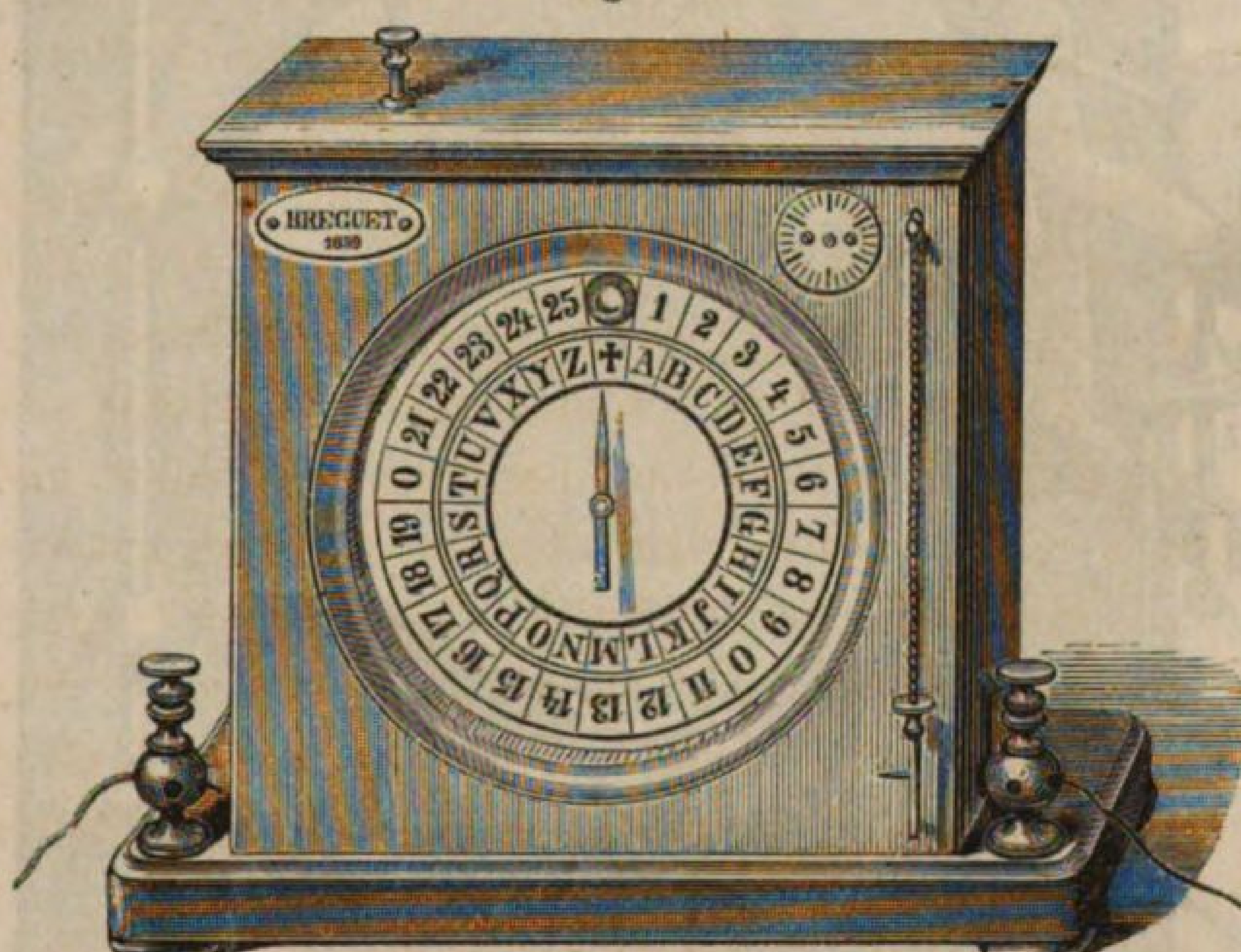
Auf der hölzernen Platte befinden sich Schrauben für die Verbindung mit der Leitung, und zwei federnde Arme mit Griffen *N*, *N* für die Commutation. Nach der Klemme *C* führt die Leitung des positiven Poles der Säule, die mit der Schraube *p'* in Verbindung steht. Der negative Pol der Säule führt zur Erde. Die Klemme *R* steht mit der Schraube *p* in Verbindung und führt zu dem Zeigerapparate. *L* communicirt mit dem Griffe *N* links und empfängt den Liniendraht von links, wogegen *L'* in Verbindung mit *N* rechts den Liniendraht von rechts empfängt. *S* und *S'* führen die Drähte nach den Läutewerken rechts und links. Die Metallplatten *r*, *r*, stehen in leitender Verbindung mit einer der Metallsäulen, die die Zifferscheibe tragen, wie die Zeichnung zeigt und sind also in Verbindung mit dem Hebel *G*. *C D* ist ein auf dem Holze befestigter Metallstreifen, auf den man zu beiden Seiten die Commutatoren hindreht, wenn der Apparat ausgeschlossen, und die Leitungen von rechts und links direkt verbunden sein sollen.

Bringen wir die Feder des Commutators *N* links auf den Flansch *r* und drehen nun *M* im Kreise herum, so dass der Hebel *G* abwechselnd *p* und *p'* berührt, so geht bei der Berührung mit *p'* der Strom in *G* über, von da durch die Zifferplatte nach *r* und der Klemme *L* in die Linienleitung zur Linken. Wenn dagegen der Hebel *G p* berührt, so ist der Strom unterbrochen. Bei einer Drehung der Kurbel *M* im Kreise herum ist also der Strom 13 Mal geschlossen und 13 Mal unterbrochen.

2. Der Zeichengeber. Der Zeiger in Fig. 170 wird in Bewegung gesetzt durch ein Uhrwerk mit Echappement, dessen Gang durch einen Elektromagneten geregelt wird. Der ankommende Strom gelangt zur Schraube links, geht durch die Windungen des Elektromagneten und von der Schraube rechts in die Erde. Hinter dem Zifferblatte des Apparates befindet sich das Uhrwerk wie die Fig. 171 zeigt. *P* ist ein Anker, dessen beide herabhängende Lappen von dem vor ihnen befindlichen Hufeisen-Elektromagneten (Fig. 172) angezogen werden. Das Echappement *R* besteht aus zwei parallelen Zahnrädern, die fest mit der Axe

des Zeigers verbunden sind. Jedes dieser Räder hat 13 Zähne, welche so gestellt sind, dass die des einen mit denen des anderen abwechseln. Der auf der drehbaren Axe *a a* befestigte Stab *G* steht in der Ruhelage so, dass er in einen der Zähne des hinteren Rades *R* eingreift. Zieht nun der Elektromagnet die beiden herabhängenden Flügel des um die Axe *v v* drehbaren Ankers *P* an, so bewegen sich diese Flügel nach vorn, und also der mit ihnen fest verbundene Arm *q* nach hinten. Dieser Arm bewegt dann mittelst des Stiftes *g* und der Gabel *F* an der

Fig. 170.

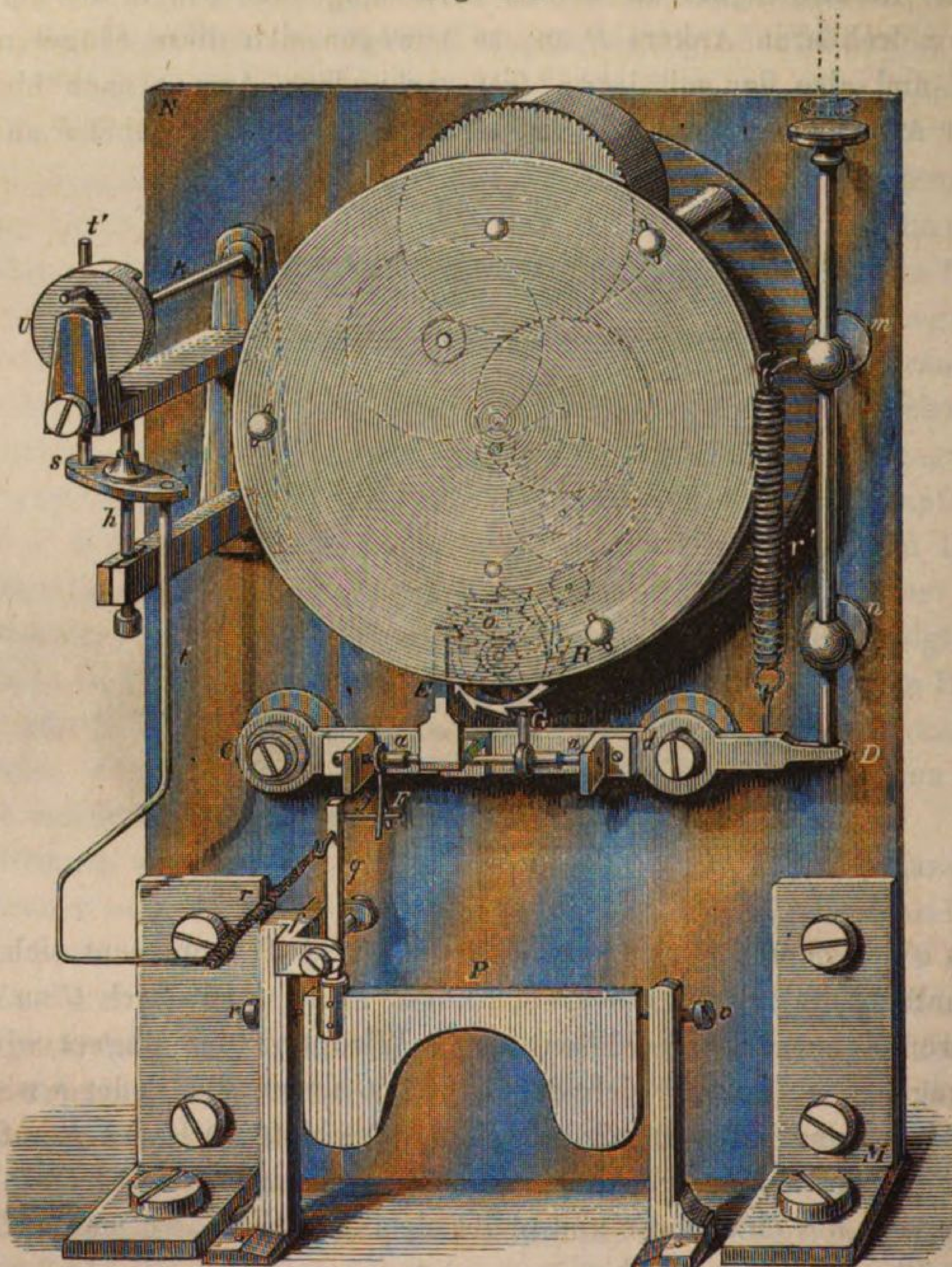


Axe *a a* den Zapfen *G* nach vorn, so dass das Echappement sich um eine halbe Zahnlänge weiter drehen kann, wo es dann durch *G* an dem vorderen Zahnrade aufgehalten wird. Wird nun der Magnet wieder wirkungslos, so bewegt sich der Zapfen *G* durch die Feder *r* wieder nach hinten und hält den folgenden Zahn des hinteren Rades *R* auf. So kreis't bei beständigem Schliessen und Unterbrechen des Stromes der Zeiger vorn am Zifferblatte und bleibt stets da stehen, wo man aufhört den Zeichenmacher zu drehen.

Um die Kraft der Feder *r*, welche die Hin- und Herbewegung der Platte *P* zu unterstützen hat, gehörig zu regeln, ist dieselbe an dem gekrümmten Hebel *t* befestigt, welcher selbst wieder mit dem horizontalen, um *h* drehbaren Theile *s s* in Verbindung steht. Die Drehung von *s s* wird mittelst des emporstehenden Stabes *t'* und der an der Axe *k* befestigten Scheibe *U* bewirkt, durch welche der Stab *t'* nach vorn gedreht wird, wenn man die an dem Apparate nach der Aussenseite hindurch-

reichende Axe (vorderer Knopf Fig. 170 oben rechts) nach rechts dreht. Hierdurch wird, wie man sieht, die Feder gespannt, wogegen ein Drehen in der entgegengesetzten Richtung das Nachlassen der Feder bewirkt.

Fig. 171.

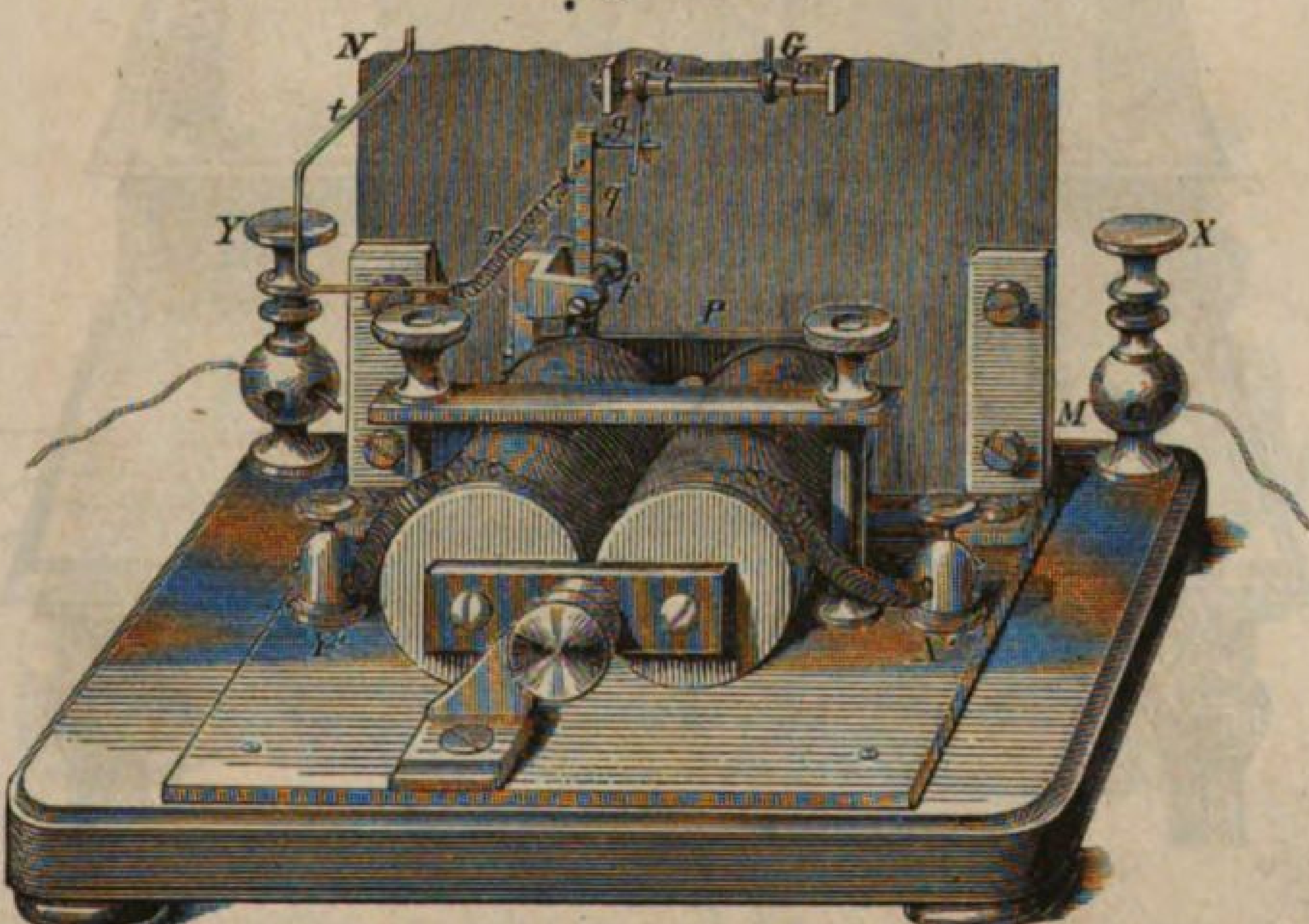


Die Axe *a a* mit Zubehör wird von einem Hebel *C D* getragen, der um *C* drehbar ist und in seiner normalen Lage durch die Spiralfeder *r'* gehalten wird. Drückt man nun den in den beiden festen Führungsknöpfen *m n* gehaltenen Stab mittelst des Knopfes oben am Apparat Fig. 170 hinab, so bewegt sich der ganze Hebel *C D* abwärts, *G* tritt ausser Wirksamkeit und die Zahnräder *R* rotiren frei bis der Stift o zu

dem nach rechts geneigten Haken *E* gelangt, der dann den Gang aufhält. In dieser Stellung befindet sich der Zeiger vorn über dem mit + bezeichneten Felde. Durch die punktirten Kreislinien ist das zwischen den beiden runden Platten befindliche Uhrwerk angedeutet, welches die Zahnräder in Rotation versetzt. Die oberhalb der beiden Platten befindliche Trommel umschliesst die Feder, welche das Werk treibt und wie bei einer gewöhnlichen Uhr aufgezogen wird.

3. Verbindung der Stationen. Die Fig. 173 veranschaulicht die Zusammenstellung der Apparate auf einer Zwischenstation *W*. Man

Fig. 172.

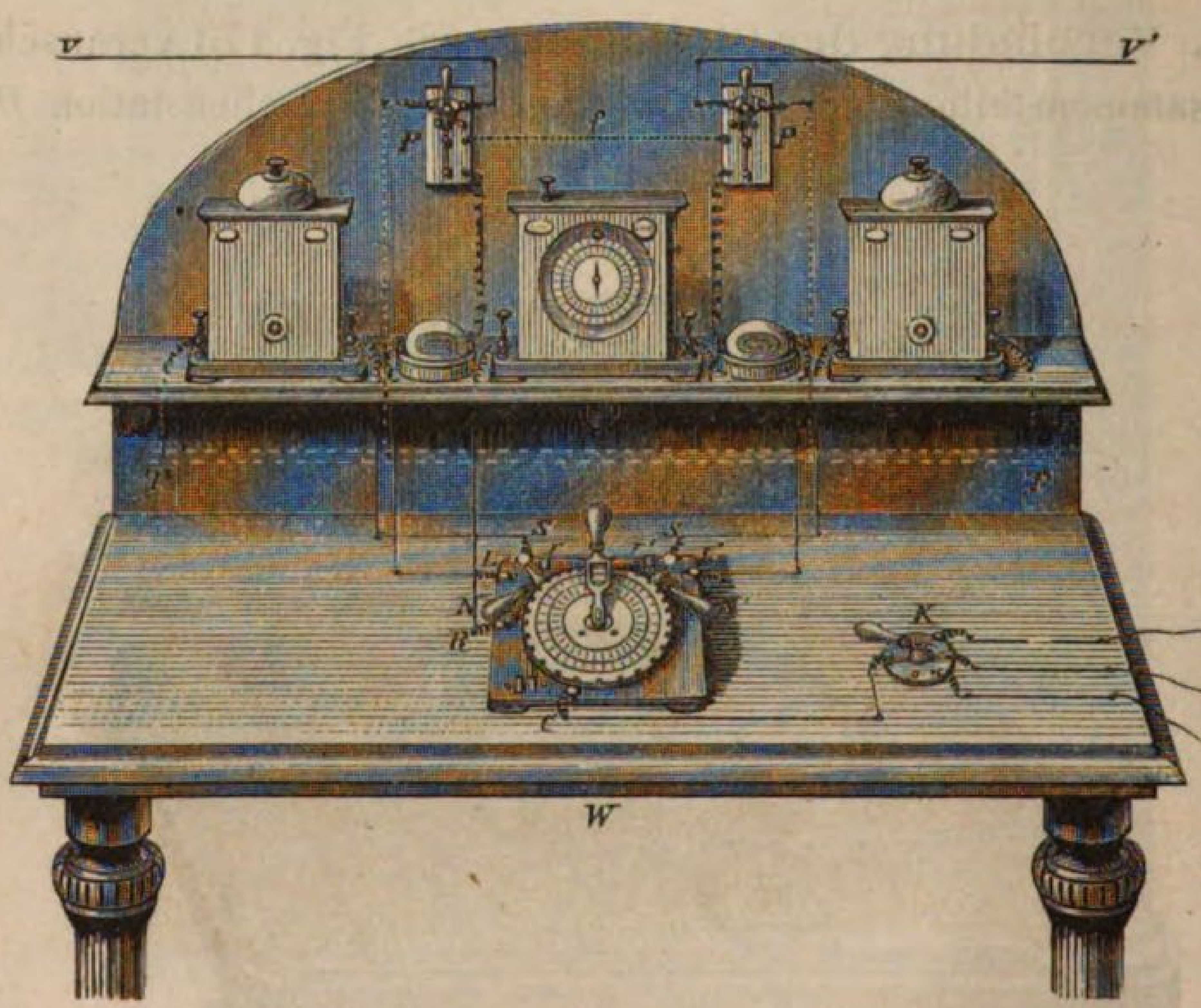


sieht einen Zeichengeber in der Mitte der Erhöhung auf dem Tische, auf jeder Seite ein Läutewerk für jede der Nachbarstationen, zwischen diesen und dem Zeichengeber eine Bussole und über jeder Bussole einen Blitzableiter *p* und *p'*. Vorn auf dem Tische befindet sich ein Zeichenmacher und ein Commentator, der jenen mit dem positiven Pole der Säule verbindet. Mit diesen Apparaten stehen die beiden Leitungsdrähte *V* und *V'* von den Nachbarstationen rechts und links in Verbindung. Die Leitung von links und rechts *V* und *V'* geht durch den Blitzableiter, die linke und rechte Bussole und verbindet sich mit dem Zeichenmacher durch die Klemmschrauben *L* und *L'*. Von den Schrauben *S* und *S'* geht eine Leitung nach jedem der Läutewerke, deren Fortsetzung durch *T* zur Erde führt.

In der Ruhe sind beide Commutatoren *N* und *N'* in Verbindung mit

den Läutewerken. Beim Beginn einer Correspondenz setzt der Beamte den Commutator, welcher sich auf der Seite der betreffenden Nachbarstation befindet, in Verbindung mit der Linienbatterie und bewegt nun die Kurbel seines Zeichengebers im Kreise herum. Durch diese Bewegung wird, wie wir wissen, bei einer ganzen Umdrehung der Strom 13 Mal geschlossen und unterbrochen, und so das entsprechende Läutewerk

Fig. 173.



in Bewegung gesetzt. Der Beobachter der Station *W* rückt nun den Commutator der betreffenden Seite auf *r* und verbindet so mit dem Linienstrome, worauf er seinen Zeichenmacher auf das Kreuz einstellt und die Depesche empfängt.

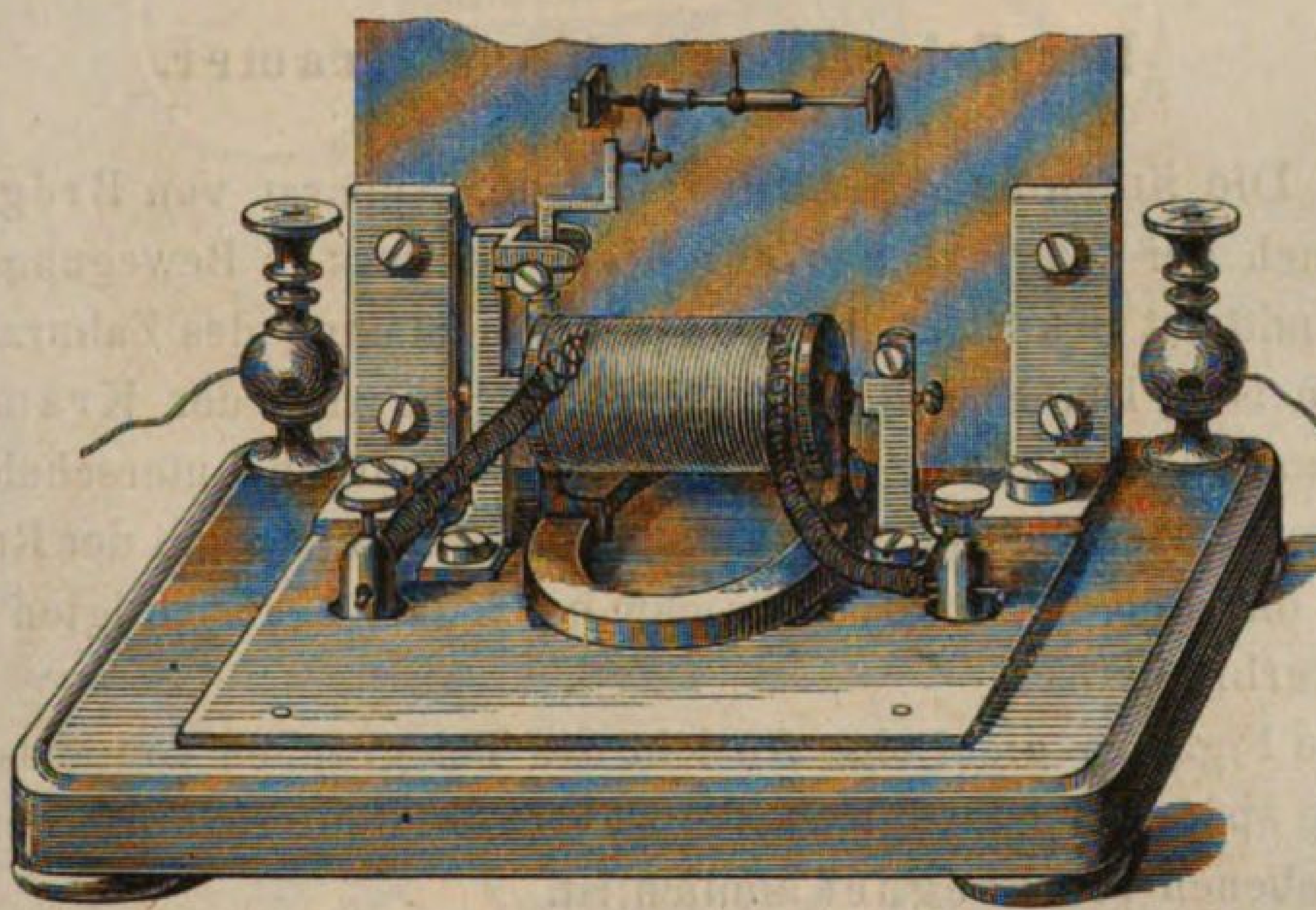
Mit einem solchen Apparate können in einer Minute 60 bis 70 Buchstaben telegraphirt werden.

Will eine Station direkt mit einer ferneren Station correspondiren, so setzt sie die Nachbarstation davon durch Angabe der Station in Kenntniss, mit der sie direkt verbunden sein will, worauf die benachrichtigte Station ihre beiden Commutatoren auf den Metallstreifen *C D* rückt, nachdem sie die nächste Station davon benachrichtigt hat. Nun correspondiren die ferner liegenden Stationen mit einander, ohne dass die zwischen liegenden die Nachricht erhalten, aber ihre Bussolen sind während der Dauer der Correspondenz in Bewegung. Werden die Bus-

solen ruhig, so setzen die Zwischenstationen ihre Commutatoren wieder in Verbindung mit den Läutewerken.[1])

4. Telegraph mit Stromwechsel. Bréguet hat ausser der eben beschriebenen Art den Telegraphen in Bewegung zu setzen, nämlich durch Oeffnen und Schliessen des Stromes, noch eine andere Einrichtung getroffen, bei welcher mittelst des Zeichenmachers abwechselnd entgegengesetzte Ströme durch die Linienleitung gesandt werden. Der Zeichengeber kommt alsdann nicht durch die von einem Elektromagneten auf

Fig. 174.



einen Anker ausgeübte Anziehung und Wiederabreissen dieses Ankers durch eine Feder in Bewegung, sondern der Zeichengeber hat in diesem Falle eine Construction, welche die Figur 174 darstellt.

Anstatt des bei dem vorigen Zeichengeber vorhandenen liegenden Elektromagneten (Fig. 172) sind hier zwei Stahlmagnete in Hufeisenform mit ihren entgegengesetzten Polen einander gegenüber gelegt. Zwischen die Pole derselben reichen zwei Lappen aus weichem Eisen hinab, welche die Fortsetzung der Pole eines geraden Elektromagneten sind.

Dieser Elektromagnet ist um eine Axe drehbar, und macht jedes Mal eine geringe Bewegung um dieselbe, wenn durch die seine Spirale durchfliessenden entgegengesetzten Ströme der Magnetismus in den Polen umgekehrt und diese abwechselnd von dem einen und anderen Stahl-

[1]) Siehe diesen Abschn. § 10 No. 3.

magneten angezogen werden. Der Elektromagnet steht mit dem Arme *q* in Verbindung und bewirkt so, wie bei dem zuvor besprochenen Apparate, die Oscillationen der Gabel *F*. (Fig. 171).

Wir werden später auf Vorrichtungen dieser Art zurückkommen. Ihrer bedienen sich Siemens und Halske fast bei allen Apparaten, welche durch Inductionsströme in Bewegung gesetzt werden,[1] ausserdem wendet dieselbe auch Regnault bei seinem Apparat zur Sicherheit für Eisenbahnen an.[2])

§ 10.

Der Zeigertelegraph von Kramer.

1. Die äussere Ansicht. Wie der Apparat von Bréguet, so wird auch der von Kramer durch ein Uhrwerk in Bewegung gesetzt, sobald mittelst des Elektromagneten die Hemmung des Zahnrades aufgehoben ist. Die Einrichtung, durch welche sich der Kramer'sche Telegraph von anderen Zeigerapparaten wesentlich unterscheidet, besteht darin, dass der Kramer'sche Apparat im Zustande der Ruhe vom Strome durchflossen wird, den man bei jedem beabsichtigten Zeichen erst unterbricht.

Die Fig. 175 giebt eine Ansicht des Telegraphen von aussen, wie derselbe später angefertigt wurde, während die ältere Form der soeben beschriebenen von Bréguet ähnlich ist.

Die Kurbel *C* steht in der Ruhe nach links an der Feder *R*. In dieser Stellung ist der Strom der Linie zwar geschlossen, aber der Telegraph ist ausgeschaltet. Der Strom geht nur durch den Wecker *W* des Apparates, der sich neben der Glocke *Gl* oben links befindet. Auf seine Einrichtung kommen wir später zurück.

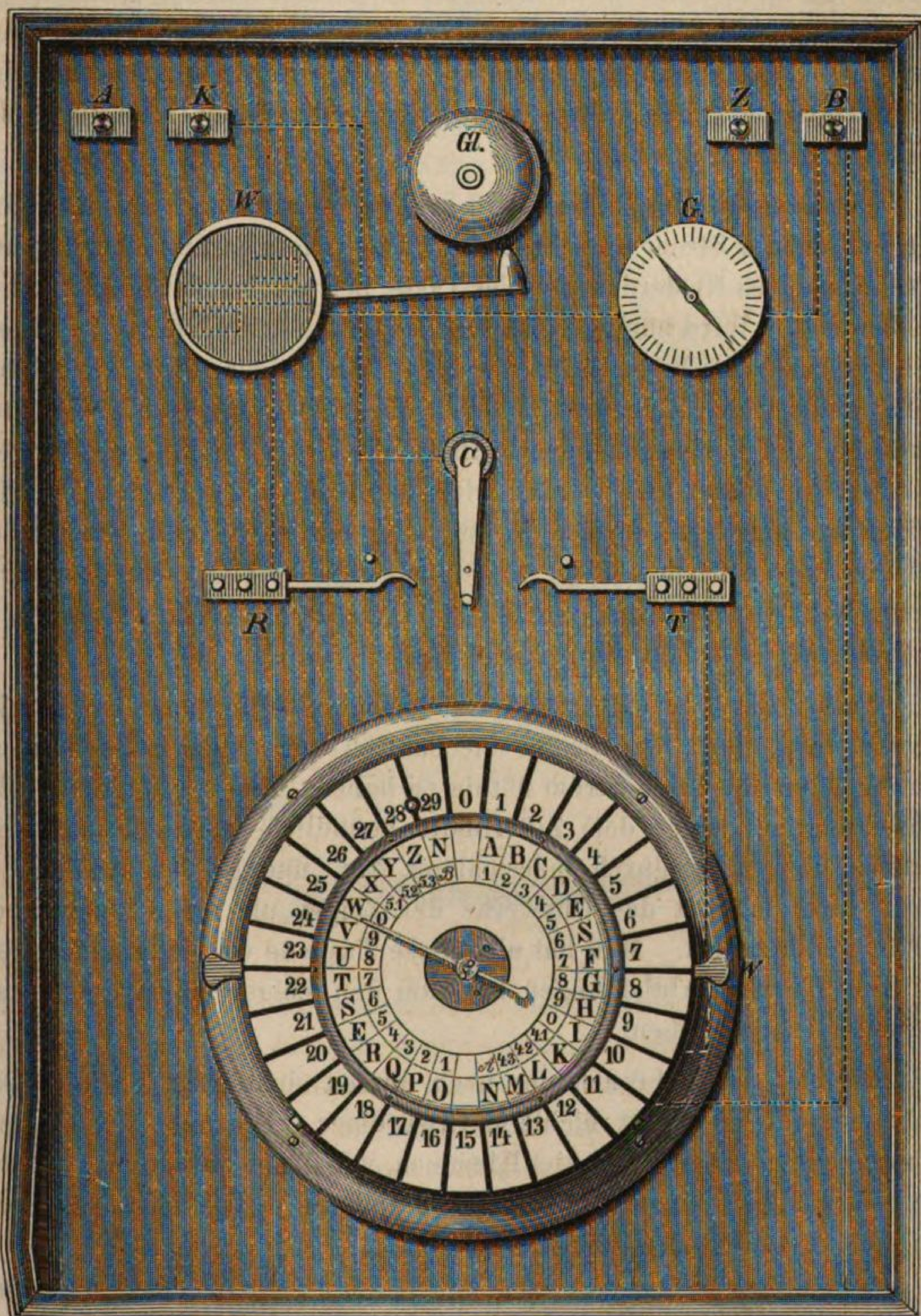
Mittelst des Weckers kann jede in dem Kreise liegende Station aufgerufen werden, und zwar geschieht dies in folgender Weise.

Die Station, welche ruft, stellt die Kurbel ihres Apparates zwischen die Federn, wie sie hier in der Figur gezeichnet ist. Hierdurch fallen sämmtliche Weckeranker der ganzen Linie von der Glocke ab und machen ein Geräusch, welches der Beamte vernimmt. Darauf schliesst der Beamte der rufenden Station den Kreis wieder durch Drücken auf den mit *W* bezeichneten Knopf rechts neben dem Telegraphirapparat, wodurch dann sämmtliche Weckeranker angezogen, und die Hämmer

[1]) Diesen Abschnitt § 13. [2]) Abschn. VIII. § 2, Nr. 3.

gegen die Glocken geschlagen werden. Dieser Druck auf die Weckertaste wird so oft wiederholt, als Schläge gemacht werden sollen. Die

Fig. 175.



hierdurch angerufene Station, rückt darauf ihre Kurbel *C* ebenfalls zwischen die Federn und unterbricht so wieder den galvanischen Kreis,

was die rufende Station daran erkennt, dass jetzt beim Drücken ihrer Weckertaste die Glocke nicht mehr anschlägt. Daraus erkennt sie, dass ihr Ruf gehört worden, und der betreffende Beamte auf seinem Posten ist. Nun stellt die rufende Station die Kurbel nach rechts auf *T*, die gerufene lässt die Kurbel noch mehrere Sekunden zwischen den Federn und stellt dann ebenfalls auf *T*. So wie dies geschieht, sind beide Apparate eingeschaltet, und die Zeiger beginnen ihren durch das Uhrwerk getriebenen Lauf.

Der Kreislauf des Zeigers wird erst gehemmt, sobald auf der rufenden Station der Strom unterbrochen wird. Diese Stromunterbrechung geschieht durch Niederdrücken der Taste, bei welcher der Zeiger stehen bleiben soll. Wird nämlich eine der Tasten niedergedrückt, so erhebt sich innerhalb des Kreises, über welchem der Zeiger rotirt, ein kleiner Stift, welcher den Zeiger auf halbem Wege zwischen der gedrückten Taste und der vorhergehenden festhält. In dieser Stellung des Zeigers ist aber, wie später klar werden wird, der Strom unterbrochen, und der Zeiger der gerufenen Station bleibt daher mitten vor dem Buchstaben der gedrückten Taste stehen. Nach Loslassen der Taste setzt der Zeiger seinen Lauf von selbst bis zur nächsten gedrückten Taste fort u. s. w. In dieser Weise erhält die gerufene Station Schrift.

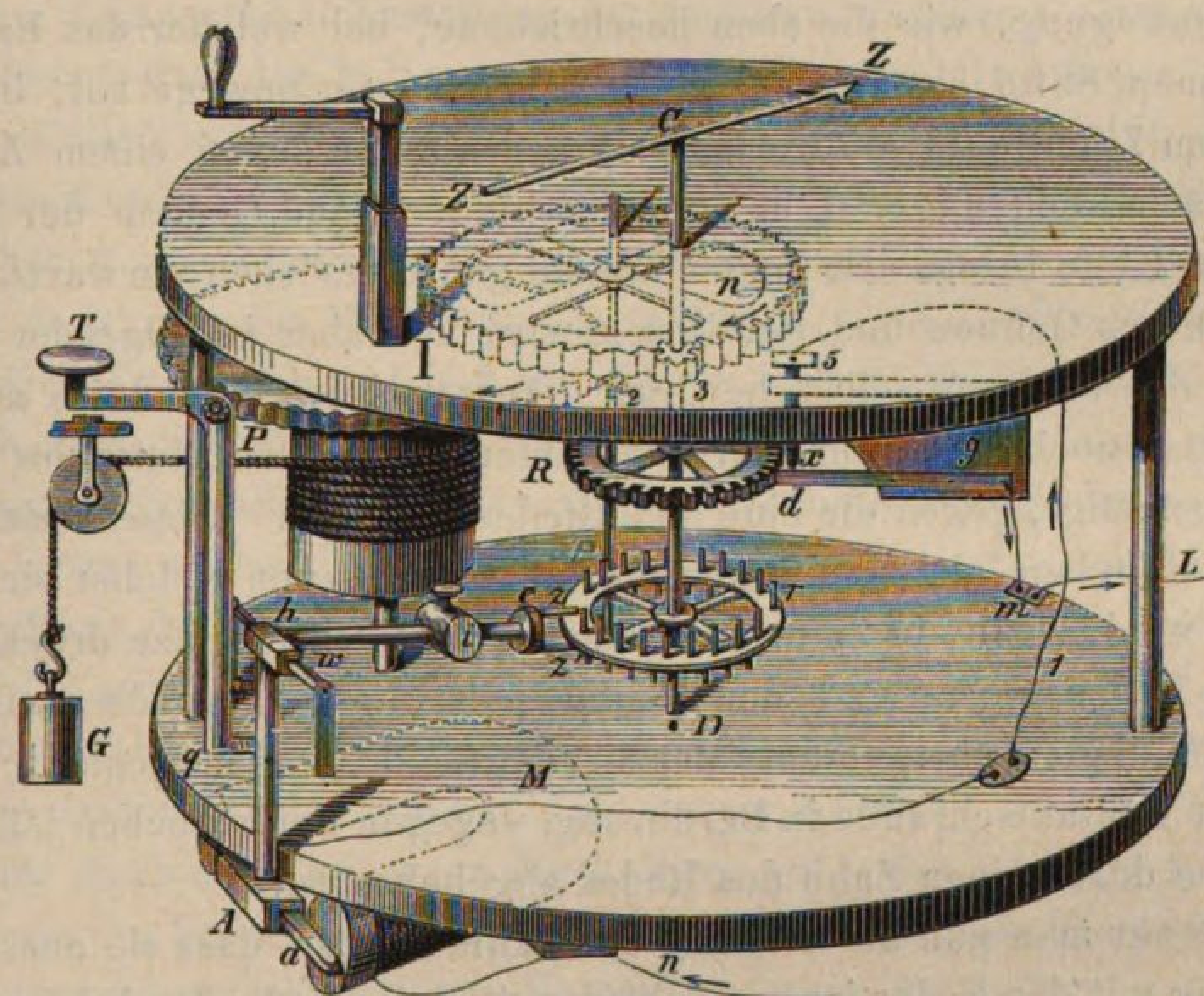
Ausser der Taste *W* befindet sich noch eine ähnliche Taste links, welche dazu dient, den Zeiger mechanisch auf seinen Ruhepunkt zu führen, ohne dabei den Strom nöthig zu haben. Aus der folgenden Beschreibung der unter dem Zifferblatte befindlichen Einrichtung wird nämlich klar, dass durch jedesmaliges Auf- und Niederbewegen der Taste links mittelst des Uhrwerks der Zeiger um einen Buchstaben weiter geführt wird. Man hat also diese Taste so oft niederzudrücken, als das Zifferblatt Abtheilungen hat, um den Zeiger einmal im Kreise herumgehen zu machen.

Dies ist der Gebrauch der nach aussen sichtbaren Theile. Das Galvanometer hat weiter nichts Merkwürdiges. Die mit *A*, *B*, *K*, und *Z* bezeichneten Theile sind vier Klemmen, von denen die beiden äusseren die beiden Liniendrähte und die beiden anderen die Leitungsdrähte des Kupfer- und Zinkpoles aufnehmen.

2. Die innere Einrichtung. Der auf der vorigen Zeichnung Fig. 175 sichtbare Zeiger des Zifferblattes ist auf einer Axe befestigt, welche durch dieses Zifferblatt hindurch nach dem eigentlichen Telegraphirapparate führt. Derselbe ist hier, nach dem Vorgange von

Schellen[1]), der grösseren Anschaulichkeit wegen nicht genau der eigentlichen Gestalt gemäss, sondern etwas in schematischer Form gezeichnet. Die vorn genannte Axe *CD* Fig. 176 ist mit einem Triebe 3 versehen, in den das Zahnrad *n* eingreift. Die Axe dieses hat wieder einen Trieb 2, in den das Walzenrad *I* eingreift, und dieses wird durch eine, um die mit dem Rade fest verbundene Walze gewundene Schnur nebst Gewicht *G* in Bewegung gesetzt. Zur Regelung dieser Bewegung trägt die Zeigeraxe *CD* in der Nähe der unteren Horizontalplatte ein

Fig. 176.



Stiftrad *r*, welches 24 Stifte nach oben und 24 Stifte nach unten hat, die abwechselnd stehen. In diese Stifte greift eine stählerne Gabel *e*, welche vermöge der Welle *w* und des damit fest verbundenen Ankers *A* auf und ab bewegt werden kann. In der gezeichneten Stellung greift die obere Zinke der Gabel in die nach oben gerichteten Stifte des Rades *r*, während die untere Zinke so niedrig steht, dass die unteren Stifte sich frei über ihr fortbewegen können. Die Zeigeraxe dreht sich in dieser Stellung so weit, bis der nächste obere Stift gegen die Zinke der Gabel stösst. In diesem Falle ist der Anker *A* fern von den Polen des unter der unteren Platte befestigten Elektromagneten *M*. Bewirkt man nun die Magnetisirung desselben, so wird der Anker *A* angezogen, die mit ihm durch

[1]) Der elektrom. Telegr. von Schellen. 5. Aufl. pag. 390.

den Arm *Ah* fest verbundene Welle *w* macht eine Bewegung um ihre Axe und hebt dadurch die Gabel *e* so weit in die Höhe, dass nun die untere Zinke derselben in den Bereich der nach unten gerichteten Stifte kommt, während die obere die nach oben stehende frei lässt. In Folge dessen wird dem Rade und mit ihm dem Zeiger gestattet, sich um eine halbe Entfernung der Stifte von einander fortzubewegen, bis der nächste untere Stift gegen die untere Zinke lehnt. Wird darauf der den Magneten umkreisende Strom unterbrochen, so sinkt die Gabel vermöge des Laufgewichtes *i* wieder in die frühere Stellung herab, und das Rad macht wieder eine Bewegung von der Grösse einer halben Stiftentfernung. Eine Bewegung, wie die eben beschriebene, bei welcher das Rad sich von einem Stifte bis zu dem nebenstehenden fortbewegt hat, bewirkt auf dem Zifferblatte ein Fortschreiten des Zeigers von einem Zeichen zum nächst folgenden, d. h. Einmal Schliessen und Oeffnen der galvanischen Kette bringt den Zeiger um ein ganzes Zeichen vorwärts.

Dieses Oeffnen und Schliessen wird nun aber in folgender Weise durch den Apparat selbst bewirkt. Ausser dem Stiftrad ist auf der Zeigeraxe noch ein Zahnrad *R* dicht unter der oberen Platte des Apparates befestigt, gegen die eine Metallfeder *d* drückt. Diese Feder liegt in der Ruhelage gegen eine Contaktschraube *x*, von welcher sie abgehoben wird, wenn ein Zahn des Rades *R* gegen ihre Spitze drückt. Zu dieser Feder einer- und der Contaktschraube andererseits wird die Stromleitung geführt, so dass der Strom geschlossen ist, wenn die Feder mit der Contaktschraube in Berührung, dagegen unterbrochen ist, wenn dieselbe durch einen Zahn des Rades abgehoben ist.

Denkt man nun die Stellung des Zahnrades so, dass sie ausser Berührung mit der Feder ist, so geht der Strom, wie die Drahtleitung gezeichnet ist, in *E* ankommend nach dem vorderen Schenkel des Hufeisenmagneten *M*, durchläuft dessen Spirale, und geht von dem hinteren Schenkel nach der Contaktschraube *x*, durch die Feder *d* nach *m* und in den Liniendraht.

Der mit *T* bezeichnete Knopf, welcher an der Vorderansicht Fig. 176 links vom Zifferblatte sich befindet, steht mit einem Winkelhebel *Pq* in Verbindung, durch den der Anker *A* auch ohne den Magnetismus gegen den Magneten geführt werden kann, so dass durch dessen Niederdrücken und Wiederloslassen der Zeiger um je ein Feld auf mechanischem Wege weiter geführt werden kann.

Ist nun der Apparat durch Stellung der vorgenannten Kurbel, durch welche der Strom geschlossen wird, in Gang gebracht, so hemmt das Niederdrücken einer Taste durch den bereits erwähnten Stift den

Gang des Zeigers, derselbe bleibt auf halbem Wege zwischen dem zu bezeichnenden und dem vorhergehenden Buchstaben stehen. In dieser Stellung berührt aber die Feder *d* nicht die Contaktschraube *x*, und es müssen daher alle mit dem zeichengebenden Apparate der Nachbarstationen zu einem Kreise verbundenen Apparate stehen bleiben, weil hier der Strom unterbrochen ist. Die übrigen Apparate aber machen einen halben Umgang mehr und stehen daher gerade vor dem zu bezeichnenden Buchstaben.

3. Der Weckermagnet von Kramer. Wir haben vorn gegesehen, dass in der Ruhestellung der Apparate der Strom einen solchen Weg nimmt, dass der Telegraph ausgeschlossen ist. Der Strom geht in diesem Falle, wie man aus den punktirten Linien der Fig. 175 ersieht, von dem Kupferpole nach *C*, *R*, dem Wecker, durch das Galvanometer und über *B* zur folgenden Station. Stellt man dagegen die Kurbel *C* auf *T*, so ist nun der Wecker ausgeschlossen, und der Strom geht von *K* über *C*, *T* zum Apparat und aus diesem nach *B* und in die Leitung.

In dem ersteren Falle müssen allein durch Unterbrechen auf der rufenden Station alle Weckermagnete auf sämmtlichen Stationen, die zu einem Kreise verbunden sind, ausser Thätigkeit gesetzt werden. Bei der Stellung der Kurbel auf *T* aber unterbricht jeder Apparat auf jeder Station ausserdem noch selbständig bei jedem Buchstaben die Leitung.

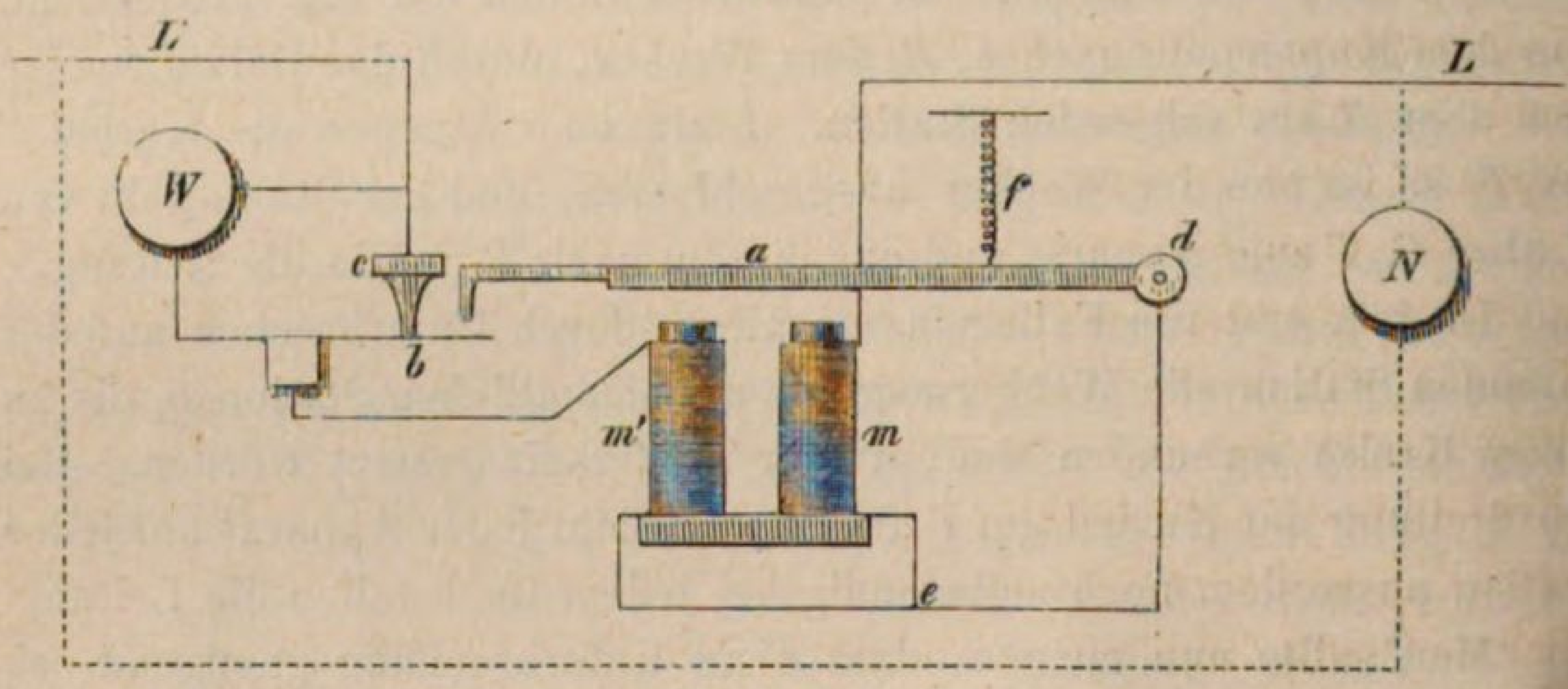
Man sollte nun meinen, dass eine Unterbrechung genügend sei, um den Strom auf der ganzen Linie ausser Kraft zu setzen. Dies ist aber nur dann der Fall, wenn die Leitung gut isolirt ist. Da nun aber wie dies vorn besprochen ist, stets eine geringe Nebenschliessung, und bei fortgesetztem Gebrauch eine Verschlechterung der Leitung stattfindet, da ferner sich auf jeder Station eine eigene Batterie befindet, die ihren Antheil an der durch die schlechte Isolirung hervorgerufene Nebenleitung hat; so tritt sehr bald der Uebelstand ein, dass durch die Unterbrechung des leitenden Kreises an nur einer Stelle noch eine so grosse Stromstärke auf dem Wege der Nebenschliessungen in der Leitung circulirt, dass die Weckermagnete ihre Anker nicht mehr loslassen, während dies der Magnet des Apparates aus dem genannten Grunde noch lange thut.

Um nun die dadurch hervorgerufene Unthätigkeit der Wecker zu vermeiden, hat Kramer an den Weckermagneten folgende Vorrichtung angebracht.

Denken wir uns die von der Nachbarstation kommende Linienleitung *L* Fig. 177 zu der einen Spirale *m* des Weckermagneten führend,

so muss der Strom bei der gezeichneten Schaltung des Apparates, nachdem er durch die Windungen dieser Spirale gegangen ist, über *e* nach den Windungen der anderen Spirale *m'* und kann von da sowohl über die Feder *b* und den Contakt *c*, als auch über *W* nach der anderen Linienleitung *L'*. Wir lassen dabei den Weg auf der punktirten Leitung, durch den der Apparat umgangen wird, für jetzt unbeachtet. Nimmt nun der Strom jenen Weg, so erhält der Magnet Kraft, und der Anker *a* wird angezogen. Auf halbem Wege zu den Magnetpolen hebt nun derselbe die Feder *b* von dem Contakte *c* ab und unterbricht dadurch den oben bezeichneten Stromweg. Durch die Berührung des Ankers mit der Feder *b* ist aber nun dem Strome der neue Weg von *m* aus über

Fig. 177.



e, *d*, *b* und durch die Widerstandsrolle *W* eröffnet. Dadurch wird aber die Spirale *m'* ausgeschaltet, und der zuvor mit grosser Kraft wirkende Magnet holt auf dem letzten Theile des Weges den Anker nur mit geringer Kraft heran. Die Widerstandsrolle *W* ist deshalb in den Kreis eingeschaltet, damit sich nicht wegen Ausschaltung von *m'* auf jeder Station der ganzen Linie der Strom verstärke. Da nun bei Ausschaltung der Spirale des einen Schenkels nur die halbe Windungszahl der Spirale magnetisirend wirkt, so kann aus diesem Grunde allein der Anker nur mit $^1/_4$ von der Kraft gehalten werden wie wenn beide Spiralen wirkten, und es leuchtet ein, dass hierdurch bei richtiger Einstellung des Ankers mittelst der Feder *f*, ein Mittel geboten ist, den Anker auch bei vorhandener Nebenschliessung leichter von dem Magneten zu entfernen, als dies ohne diese Einrichtung möglich ist, während doch immer noch dieselbe Kraft wirkt, um den Anker aus der Entfernung heran zu holen.

Eine andere, sehr wichtige Einrichtung an dem Wecker ist folgende. Man wird finden, dass nach der beschriebenen Art der Eröffnung einer

Correspondenz, alle nicht betheiligten Stationen ihre Wecker mit im Kreise eingeschlossen haben. Daraus folgt, dass dieselben immerwährend mittönen müssen, so lange die Correspondenz zwischen irgend welchen Stationen dauert. Diese Thätigkeit der Wecker wird, wie wir gesehen haben, bei dem Telegraphen von Bréguet dadurch vermieden, dass die nicht betheiligten Stationen ihre Wecker ausschalten. Dies hat nun aber den grossen Nachtheil, dass sämmtliche Zwischenstationen nun kein anderes Mittel haben, sich von dem Fortbestehen der Correspondenz zu überzeugen, als durch das Beobachten der Bussolennadel. Da es nun aber sehr wichtig ist, dass die Beamten, die auch noch andere Beschäftigungen haben, durch ein hörbares Zeichen von dem Anfange wie von dem Aufhören einer Correspondenz unterrichtet werden, da es ferner noch viel wichtiger ist, dass die Beamten sich gar nicht um den Telegraphen zu bekümmern brauchen, wenn sie nicht direkt betheiligt sind; so traf Kramer die folgende Einrichtung, durch welche sein Apparat einen grossen Vorzug vor dem Bréguet's erhält.

Um diese störende Thätigkeit der Wecker zu entfernen, schaltet nämlich Kramer zwischen L und L' mit Umgehung des Apparates eine Leitung mit einer Widerstandsrolle N aus Neusilberdraht ein, deren Widerstand etwa 5mal so gross als der der Weckerspiralen ist. Durch diese Leitung geht mithin von dem auf der Linie kommenden Strome etwa $^1/_6$, und es wirken dann nur auf den Magneten $^5/_6$ desselben, eine Schwächung, die nicht so bedeutend ist, dass sie den Gang des Apparates hemmt. Allein diese Einschaltung wirkt insofern zweckentsprechend, als sie die Thätigkeit des Weckermagneten verzögert. Wir wissen nämlich, dass beim Entstehen und Verschwinden des Magnetismus in den Spiralen Inductionsströme erzeugt werden, welche um so stärker sein müssen, je kleiner der Widerstand des ganzen Stromkreises ist. Dieser Widerstand ist nun, wenn der Inductionsstrom durch die ganze Linie gehen muss, sehr gross, und die verzögernden Inductionsströme deshalb sehr klein. Wird nun aber durch die Einschaltung LNL' ein verhältnissmässig sehr kleiner Kreis gebildet, so werden dadurch die Inductionsströme in diesem Kreise sehr stark und die Verzögerung des ganz zur Wirkung kommenden Magnetismus so bedeutend, dass während der kurzen Zeit, während welcher die Schliessungen und Unterbrechungen des arbeitenden Apparates dauern, der Weckermagnet nicht fähig wird den Anker heranzuholen. Es bleiben also durch dieses Mittel während des Telegraphirens die träge gemachten Wecker in Ruhe, kommen aber in Bewegung, wenn man die Zeichen mit der Hand giebt, in welchem Falle man sie beliebig langsam machen kann.

4. Der Ruhestrom. Bei allen bisher besprochenen Telegraphen ausser dem Kramer'schen, wurden die Apparate dadurch in Thätigkeit gesetzt, dass man einen Strom durch dieselben sandte. Der soeben beschriebene Telegraph ist aber so eingerichtet, dass der Apparat im Zustande der Ruhe vom Strome durchflossen wird, und eine Unterbrechung dieses Stromes die Bewegung bewirkt. Man nennt diese Art der Einrichtung „Leitungen mit Ruhestrom“, während die der anderen Art „Leitungen mit Arbeitsstrom“ genannt werden. Eine Einrichtung der ersten Art ist in mancher Beziehung vortheilhaft, und wird jetzt auch vielfach bei Morseapparaten angewandt.

Bedenkt man zunächst, in welcher Weise von irgend einer Station aus mit dem Arbeitsstrome telegraphirt werden kann, so leuchtet von vorn herein ein, dass dies nicht anders möglich ist, als dass eine Batterie geschlossen wird. Es muss also auf einer jeden Station, welche selbstständig Zeichen geben will, eine Batterie vorhanden sein, und da dies unter Umständen von einer jeden Station aus, welche in der Linie liegt, nöthig wird, so muss eine jede dieser Stationen mit einer besonderen Batterie versehen sein. Eine Station, welche keine eigene Batterie hat, kann wohl Zeichen empfangen, aber keine geben.

Anders ist es auf den Linien mit Ruhestrom. Ist die ganze Linie stets von einem Strome durchflossen, und wird das Zeichen nur durch Unterbrechen dieses Stromes gegeben, so ist streng genommen nur nöthig, dass eine der durch die Leitung unter einander verbundenen Stationen mit einer Batterie versehen ist. Aus Gründen, welche sogleich besprochen werden sollen, versieht man gewöhnlich die beiden Stationen zu Anfang und zu Ende der Linie und auch unter Umständen zwischenliegende Stationen mit einer Batterie.

Dass nun alle zwischenliegenden Stationen, wie die am Ende durch Unterbrechung der Leitungen telegraphiren können, ist nicht der einzige Vortheil, den diese Einrichtung bietet; man kann auch auf jedem Punkte der Strecke durch Unterbrechung der Leitung nach beiden Nachbarstationen hin Zeichen geben, ohne eine Batterie nöthig zu haben.

Hiernach scheinen die Leitungen mit Ruhestrom überhaupt vor denen mit Arbeitsstrom den Vorzug zu verdienen, allein die bereits besprochenen Mängel der Isolirung der Leitungen bedingen für diese Einrichtung nur enge Gränzen. Während nämlich bei den Leitungen mit Arbeitsstrom während des Telegraphirens die Apparate entweder von einem Strom durchflossen sind, oder nicht, ist es auf den Linien mit Ruhestrom anders.

Setzen wir zunächst voraus, es wäre nur auf der ersten Station

eine Batterie, und deren Strom hätte eine einigermaassen bedeutende Strecke zu durchlaufen, so würde derselbe, da bekanntlich an jeder Stange durch die Nebenschliessung ein Theil verloren geht, auf den entfernteren Stationen nur sehr schwach ankommen. Da nun aber zum Bewegen der Apparate ein geringer Strom nicht ausreicht, so hat man die Einrichtung getroffen, dass bei Linien mit Ruhestrom, auf mehreren Stationen eine Batterie aufgestellt wird, welche zusammen dann so verbunden werden, dass sie sich gegenseitig verstärken oder, wenn man so sagen will, eine Batterie bilden. Unterbricht man nun an irgend einer Stelle die Leitung, so ist zwar der früher durch diese Leitung gehende Strom aufgehoben, allein es bleibt immer noch der Strom, welcher durch die Nebenschliessungen geht.

Wird also die Leitung z. B. auf der ersten Station der Linie unterbrochen, so erhalten die übrigen Stationen von der Säule auf der letzten Station her wegen der Nebenschliessung an jeder Stange doch einen Strom. Dasselbe Resultat ergiebt sich bei der Unterbrechung auf irgend einer Station. Da nun aber dieser Strom natürlich geringer ist, als derjenige, welcher die Apparate vor der Unterbrechung durchfloss, so muss die Bewegung der Apparate durch die Differenz bewirkt werden, welche zwischen den Stromstärken vor und nach der Unterbrechung der Leitung stattfindet. Nun wird aber die Stromstärke, und daher auch die genannte Differenz um so geringer, je länger die Leitung, oder je schlechter die Isolirung des Leitungsdrahtes ist, und eben aus diesem Grunde ist die Anwendung des Ruhestromes nur für nicht sehr lange Leitungen bei guter Isolirung vortheilhaft. Bei der Besprechung des Morse'schen Telegraphen, dessen Relais und Lokalbatterieen wird dies noch klarer werden.

Man wird nun ferner einsehen, dass die eben besprochene Stromdifferenz um so bedeutender wird, je geringer der Widerstand in der Leitung ist, denn da die Stromstärke sich umgekehrt wie der Leitungswiderstand verhält, so muss der durch den Leitungsdraht gehende Strom im Verhältniss zu dem der Nebenschliessungen grösser werden, je geringer der Widerstand in diesem Leitungsdrahte gemacht wird. Daraus folgt, dass man bei Leitungen mit Ruhestrom danach trachten muss, den Widerstand in der Leitung möglichst gering zu machen. Was die Länge der Leitungen mit Ruhestrom betrifft, so wurden früher auf den zum Telegraphendienst bestimmten Linien mit gutem Erfolge sechs Stationen mit Kramer'schen Apparaten zu einer Linie verbunden.

§ 11.
Der Zeigertelegraph von Froment.

1. **Die Zeigertelegraphen.** Zum Schluss der Besprechung der Zeigertelegraphen erwähnen wir noch einer besonderen Art von Zeichengebern, welche Froment an seinem, sonst dem Bréguet'schen ähnlichen Telegraphen in Anwendung bringt. Es ist hierbei besonders das Urtheil Pouillet's über diese Arten der Telegraphen überhaupt zu beachten. In einem Bericht über den Froment'schen Telegraphen sagt er nämlich[1]: „Alle Zeigertelegraphen wirken durch Elektromagnete; die Hin- und Herbewegung des Contaktstücks verwandelt sich bei demselben in eine rotirende Bewegung und ertheilt dem Zeiger den regelmässigen, ruckweisen Gang, mittelst dessen er nach einander alle Zeichen des Zifferblattes durchläuft, sich einen Augenblick, höchstens $1/6$ oder $1/5$ Sekunde dem Zeichen gegenüber aufhaltend, welches er dem die Depesche empfangenden Beobachter zeigen soll. Demzufolge werden die Zifferblatttelegraphen wahrscheinlich nie zu jenen gehören, welche die grösste Anzahl Zeichen in einer gegebenen Zeit fortzupflanzen vermögen. Ausserdem findet bei ihnen noch eine Verzögerung dadurch statt, dass der Zeiger einen ganzen Kreis zu durchlaufen hat, um in seine vorige Stellung zurückzukommen, woraus folgt, dass er, um von einem Zeichen zum nächstfolgenden der Depesche überzugehen, durchschnittlich einen halben Kreis durchlaufen und das Contactstück eine Anzahl Schwingungen machen muss, welche der halben Anzahl der den ganzen Kreis entsprechenden Schwingungen gleich ist. Ungeachtet dieses anscheinenden Fehlers dürften aber die Zifferblatt-Telegraphen doch in Gebrauch bleiben, nnd zwar wegen ihrer Einfachheit und Sicherheit."

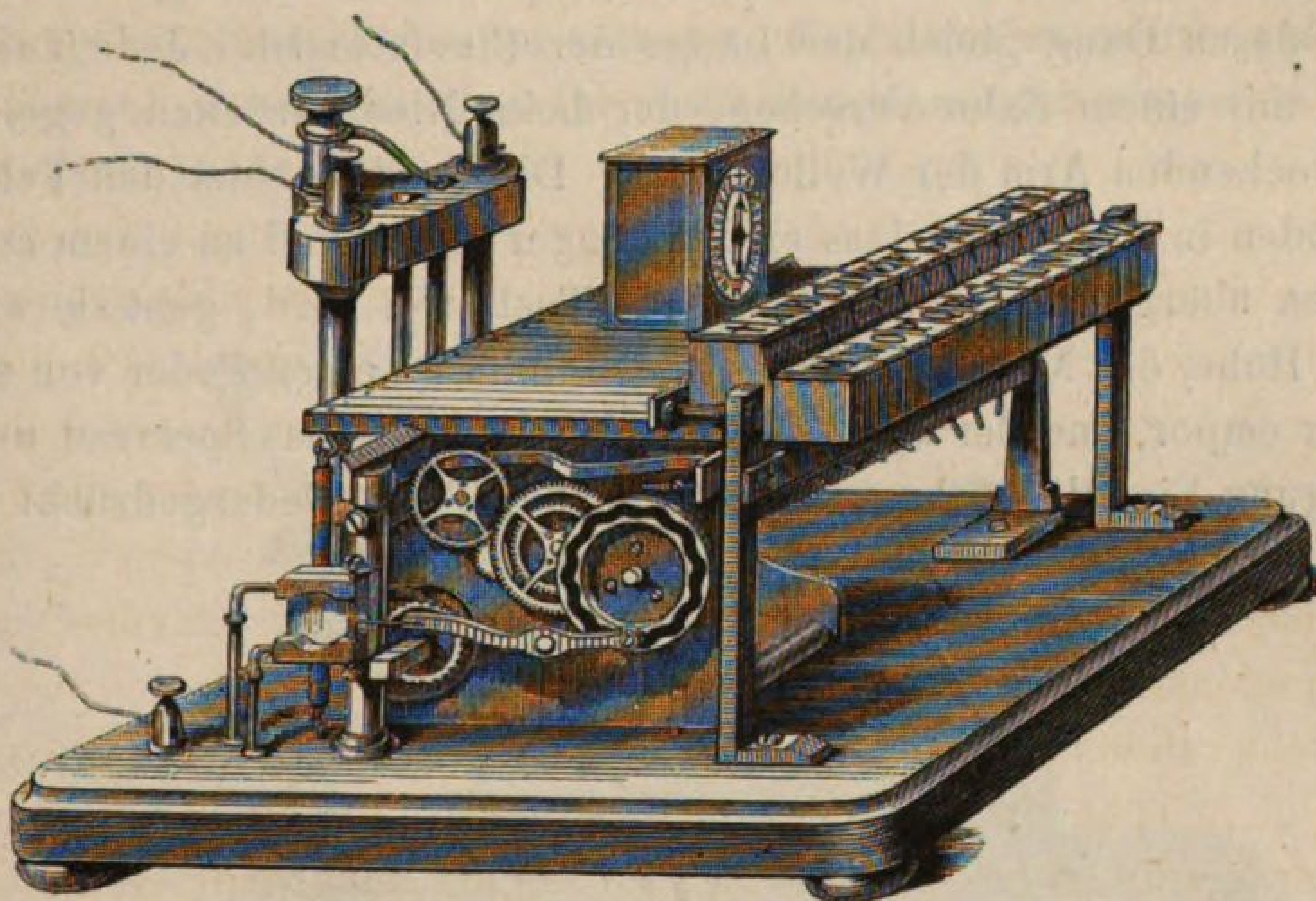
Wenn auch dieses Urtheil im Allgemeinen mit Hinblick auf die neueren Fortschritte der Telegraphie als nicht mehr gültig bezeichnet werden muss, so steht doch fest, dass die Zeigertelegraphen aus den angeführten Gründen für Eisenbahn- und lokale Zwecke (Feuerwehren, Polizei) noch immer von grosser Wichtigkeit sind, da die erforderlichen Manipulationen von Jedem ohne vorherige Uebung zur Noth ausgeführt werden können.

2. **Froment's Zeichenmacher.** Der elektrische Telegraph von Froment hat eine gradlinige Claviatur, wie ein kleines vieroctaviges

[1]) Bulletin de la société d'encouragement, Juni 1851, pag. 319; Dingler 122, pag. 37.

Clavier. Dasselbe, wie es Fig. 178 zeigt, ist für alle Zeigertelegraphen anwendbar. Ueber dem Claviaturkasten befindet sich ein kleines Gehäuse, ähnlich dem einer Pendeluhr, welches ein Schlagwerk, einen Elektromagneten und ein vertical stehendes Zifferblatt mit einem Zeiger

Fig. 178.



enthält. Dieselben Zeichen, welche sich auf dem Zifferblatt befinden, tragen die einzelnen Tasten der Claviatur.

Während ein Uhrwerk den Zeiger in Bewegung setzt, dreht es gleichzeitig eine horizontale Welle aus Stahl, die Fig. 179 darstellt.

Fig. 179.



Sie hat 5—6 Millimeter Durchmesser und trägt an ihrem einen Ende ein Rad mit elektrischem Commutator und an dem anderen Ende ein Schiebrad, (Fig. 178) welches so viele Zähne hat als auf der Claviatur oder dem Zifferblatte Zeichen sind. Die Umdrehung dieser Welle setzt den Apparat in Thätigkeit, und während sie einen Umgang macht, macht auch der Zeiger des Zifferblattes einen Umgang.

Das Sperrrad der Welle wird durch einen Sperrkegel angehalten, der sich hebt, wenn man auf eine Verlängerung drückt, mit der die Welle

an ihrer Drehaxe versehen ist. Auf diese Verlängerung wirkt eine jede der vorhandenen Tasten, eine jede derselben hebt also den Sperrkegel und lässt die Stahlwelle sich in Bewegung setzen. Damit nun diese Bewegung in dem Augenblicke anhält, wo man das der Taste angehörige Zeichen geben will, ist die Stahlwelle mit ebenso vielen Armen versehen als Tasten vorhanden sind. Ihre Einsatzpunkte bilden eine Schraubenlinie, deren Gang gleich der Länge der Claviatur ist. Jede Taste ist unten mit einem Zahn versehen, der beim Niederdrücken gegen den entsprechenden Arm der Welle stösst. Dieser Stoss setzt den Telegraphirenden in Kenntniss, dass er den Finger heben und zu einem andren Zeichen übergehen kann. Sobald die Taste frei wird, geht sie wieder in die Höhe, der Metallstreifen hebt sich mittelst einer Feder von selbst wieder empor, und der Sperrkegel greift wieder in das Sperrrad, um der Bewegung Einhalt zu thun, bis eine andere Taste niedergedrückt wird.

III.

Die magneto-elektrischen Zeigertelegraphen.

§ 12.

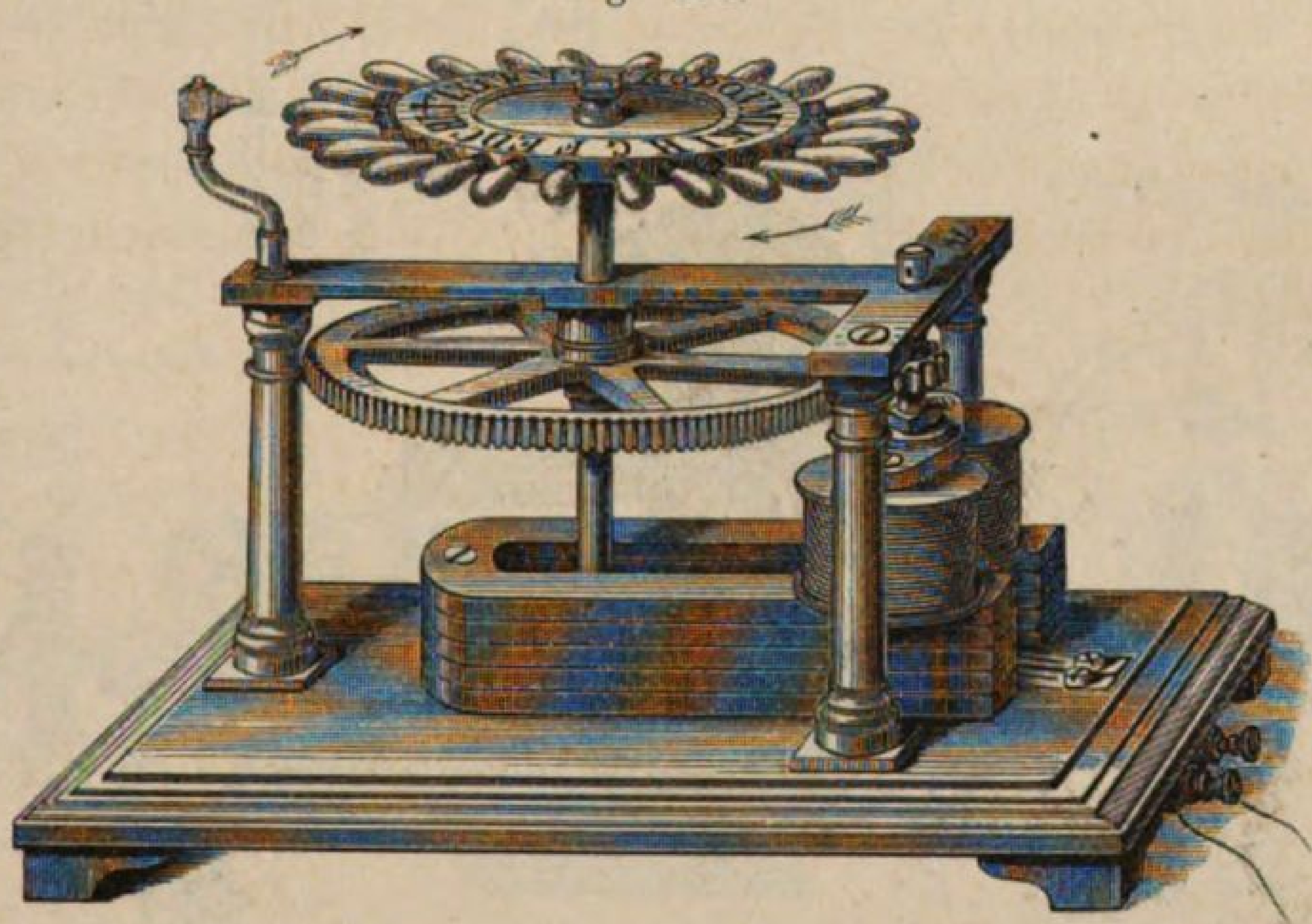
Die Telegraphen von Wheatstone und Stöhrer.

1. **Die magneto-elektrischen Telegraphen.** Der erste Telegraph, der überhaupt in Thätigkeit war, nämlich der von Gauss und Weber[1]), später vervollkommnet von Steinheil, hatte als Elektricitätsquelle einen magneto-elektrischen, einen sogenannten Induktionsapparat. In einem Berichte Steinheils sagt er über die Elektricitätsquellen, welche für den elektrischen Telegraphen zur Anwendung kommen[2]): „Die Erzeugung des galvanischen Stromes in der Kette (Leitung) beruht entweder auf Hydrogalvanismus, oder auf Induction. Andere Quellen sind bis jetzt nicht benutzt. — Der erste — die galvanische Batterie — bietet den Vortheil, dass man über grössere Kräfte disponirt, also die Zeichen stärker oder rascher hinter einander geben

[1]) Siehe vorn Abschn. V. § 3. [2]) Dinglers Journ. 115, p. 183.

kann, wogegen die Erhaltung der Batterie, ihre täglich wiederkehrende Reinigung, die Ungleichheit ihres Ganges etc. als Uebelstände zu betrachten sind. Die Induction ist zwar von diesen Fehlern völlig frei; denn es tritt mit gleicher Bewegung stets gleiche Kraft hervor, sie ist aber von dem wesentlichen Uebelstande begleitet, dass die Apparate dadurch complicirter werden, und dass, um die erforderliche Kraft in sehr langen Leitungsketten zu erzeugen, die Inductionsrollen so schwer und massenhaft werden, dass ihr statisches Moment der raschen Folge von Zeichen hinderlich wird."

Fig. 180.



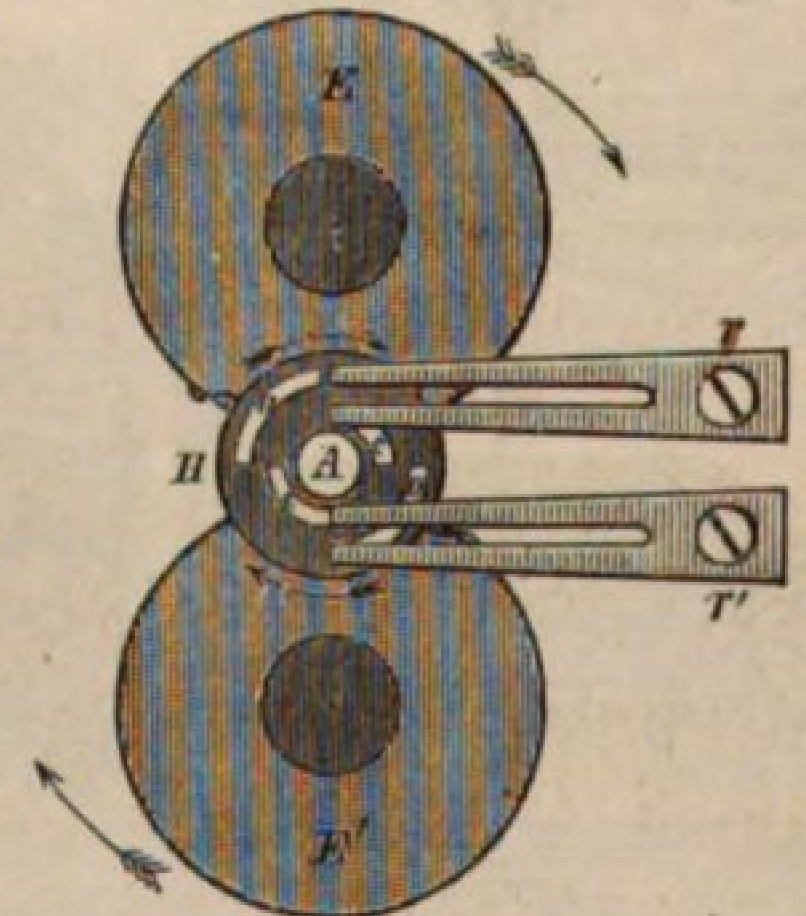
„Es kann also a priori keiner der beiden galvanischen Quellen ein entschiedener Vorzug eingeräumt werden, vielmehr wird sich die Wahl nach dem speciellen Zweck des Telegraphen zu richten haben. Induction scheint vortheilhafter bei kleinen Telegraphenlinien und in Verbindung mit Zeigerapparaten, also namentlich zu Bahndiensttelegraphen, weil dabei das Instandhalten der Batterie hinwegfällt, und mit dem Zeigerapparat jeder Bahnbeamte ohne besondere Einübung telegraphiren kann."

2. Wheatstone's Inductionszeiger. Nach Steinheils Inductionstelegraphen stellte Wheatstone einen solchen her, [1]) bei dem er mit der Kurbel der Buchstabenscheibe durch Rad und Trieb, wie die Figur 180 zeigt, einen vor den Polen eines kräftigen Stahlmagneten rotirenden Elektromagneten in Hufeisenform verband.

[1]) Gavarret Télégraphie électr. p. 161.

Mit einem solchen Telegraphen wurde lange Zeit der Dienst zwischen St. Germain und Paris versehen. Von den durch die Rotation des Ankers vor dem Stahlmagneten erzeugten Strömen ward nur die Hälfte, d. h. die Ströme einer Richtung, mittelst des in Figur 181 gezeichneten Commutators der Leitung zugeführt. Die Figur stellt die Unteransicht des rotirenden Ankers dar. *E* und *E'* sind die beiden Spiralen, in deren Mitte die beiden Eisenkerne. *A* ist die Rotationsaxe des Ankers, auf der der Commutator *H* steckt. Die äusseren Metallbögen *o*, *o* sind mit den Enden der Spiralen, die inneren *c*, *c* unter einander verbunden, jeder umfasst einen Quadranten. Zwei gabelförmige Metallfedern *r*, *r'*

Fig. 181.



berühren mit ihren Enden diese Quadranten, welche mit den beiden Klemmschrauben am Apparat Fig. 180 leitend verbunden sind, von denen die eine zum Liniendraht, die andere zur Erde führt. Man sieht nun, dass, während die eine Feder ihren positiven Strom durch die Linienleitnng sendet, der auf der anderen Feder abgeleitete negative Strom zur Erde gehen muss. Beide Drahtrollen gehen nämlich gleichzeitig zu und von den Polen des Stahlmagneten und werden also gleichzeitig von entgegengesetzten Strömen durchflossen.

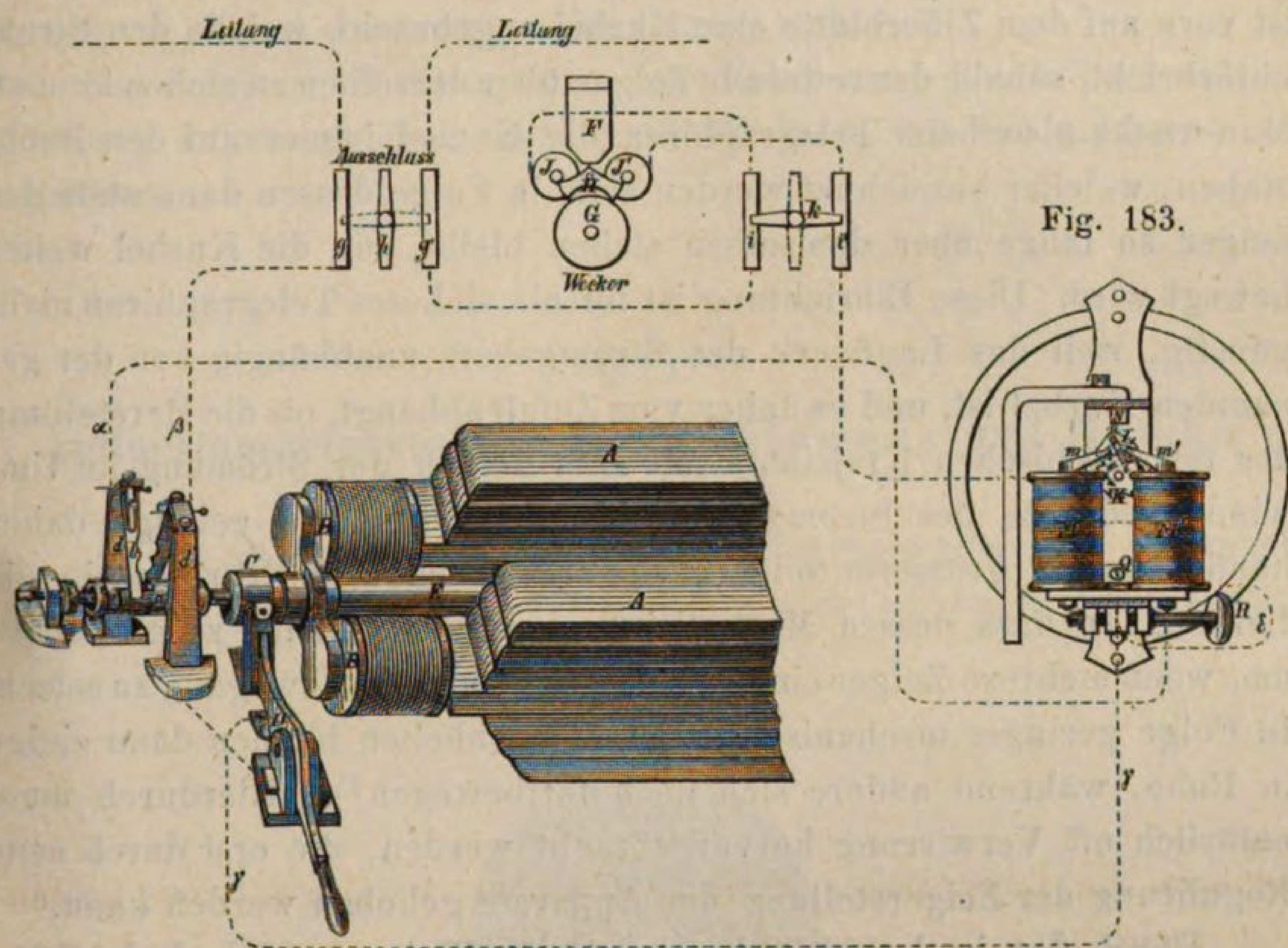
Als Zeichengeber dient eine Einrichtung der Art, wie sie bei dem Telegraphen von Bréguet in §. 9 dieses Abschnitts beschrieben ist.

Dieser Telegraph eignete sich deshalb wenig zum praktischen Dienst, weil die Trägheit der bewegten Masse des rotirenden Elektromagneten (Ankers) zu gross, der Gang der Zeiger unsicher und auf geringe Drehungsgeschwindigkeit berechnet war.

3. Inductionszeigertelegraph von Stöhrer.[1]) Später construirte Stöhrer einen Inductionstelegraphen, der lange auf bairischen Telegraphenlinien in Anwendung gewesen ist. Derselbe hatte folgende Gestalt. Die Fig. 182 stellt den vorderen Theil der Schenkel des Stahlmagneten *A A* mit dem vor demselben rotirenden Anker und seinen Drahtspiralen *B B* dar. *C* ist eine mit Leder überzogene Bremswelle, *D* ein Bremshebel, der, wenn er vorn am Griffe niedergedrückt wird,

Fig. 182.

Fig. 183.



hinten emporgeht und dabei die Welle *E* sammt den daran befestigten Drahtspiralen in rotirende Bewegung setzt, die durch ein besonderes Räderwerk mit schwerem Ganggewicht unterhalten wird. *a* und *a'* sind zwei zweibackige metallne Gabeln, die in einander gesteckt, jedoch durch den darunter befindlichen Hohlcylinder von einander isolirt sind. Jede dieser Gabeln ist mit einem Ende des auf die Rollen *B B* gewundenen Drahtes in leitender Verbindung. *b* und *b'* sind zwei Metallarme, welche durch die Stahlfedern *c c'* auf die Gabeln aufgedrückt werden und eine solche Lage haben, dass einer derselben stets auf der einen Gabel, der andere auf der anderen aufliegt. Beim Uebergange der Arme von einer

[1]) Brix Journ. II. p. 193.

Gabel zur anderen, was bei jeder ganzen Umdrehung der Welle viermal stattfindet, muss nothwendigerweise jedesmal ein Richtungswechsel des in die Arme geleiteten Stromes erfolgen. Mittelst eines geeigneten Commutators sind diese Strömungen so geordnet, dass während einer ganzen Umdrehung der Rotationsaxe die Stromesrichtung in den Leitungen zum Zeigerapparate und in die Linie zweimal gewechselt wird, wodurch denn die Zeiger aller eingeschalteten Apparate gleichmässig um zwei Felder vorwärts bewegt werden.

Damit der Zeiger auf dem zu gebenden Buchstaben stehen bleibe, ist vorn auf dem Zifferblatte eine Kurbel angebracht, welche den Strom unterbricht, sobald der rotirende Zeiger über derselben zu stehen kommt. Man rückt also beim Telegraphiren die Kurbel immer auf den Buchstaben, welcher bezeichnet werden soll, in Folge dessen dann stets der Zeiger so lange über demselben stehen bleibt, bis die Kurbel weiter bewegt wird. Diese Einrichtung ist für ein sicheres Telegraphiren nicht günstig, weil das Laufwerk des Stromgebers unabhängig von der genannten Kurbel ist, und es daher vom Zufall abhängt, ob die Herstellung des telegraphischen Kreislaufs mit dem Beginn der Strömung im Umwindungsdrahte des Stromgebers zusammenfällt. Es gelangt daher häufig nur ein grösserer oder geringerer Theil dieses Stromes in die Leitung, so dass dessen Magnetisirungsvermögen häufig zu gering ist, um, wenn mehrere Zeiger eingeschaltet sind, alle in Bewegung zu setzen. In Folge geringer mechanischer Verschiedenheiten bleiben dann einige in Ruhe, während andere sich noch fortbewegen[1]). Hierdurch muss natürlich oft Verwirrung hervorgebracht werden, die erst durch neue Regulirung der Zeigerstellung der Apparate gehoben werden kann.

Durch den in der eben beschriebenen Weise erregten Inductionsstrom wird nun ein Elektromagnet, *M M* Fig. 183, magnetisirt, dessen Eisenkerne an beiden Polen nach oben in den beiden convergirenden Theilen *m*, *m'* verlängert sind. Das Steigerad *K*, auf dessen Welle vorn der Zeiger des Apparates befestigt ist, wird stossweise durch den Haken *L* gedreht, und dieser erhält seine Bewegung durch den Eisenstab *l*, welcher durch den über ihm befindlichen Nordpol eines Stahlmagneten *N* magnetisch erhalten wird. Gehen nun durch die Spiralen der Elektromagnete abwechselnd entgegengesetzte Ströme hindurch, so wechseln die Kerne *m* und *m'* beständig ihre Pole, und der magnetische Eisenstab *l* wird abwechselnd nach der einen und anderen Seite hin-

[1]) Verhandlungen des Vereins für Eisenbahnkunde, 10. März 57.

gezogen und bewirkt so die Bewegung des Echappements und damit die des Zeigers.

Die Art des Telegraphirens mit diesem Apparate ist nun folgende. Wenn eine Nachricht fortgegeben werden soll, wird der Bremshebel niedergedrückt und dadurch die Welle *E* mit den Drahtspiralen in rotirende Bewegung versetzt. Nun ist aber noch kein Strom in ihnen, weil der Zeiger vorn am Apparate noch über der Kurbel steht, welche den Strom unterbricht. Wird nun aber diese Kurbel weg auf irgend ein Feld gedreht, so ist der Strom geschlossen, der Zeiger setzt sich in Bewegung, bis er wieder über der Kurbel steht.

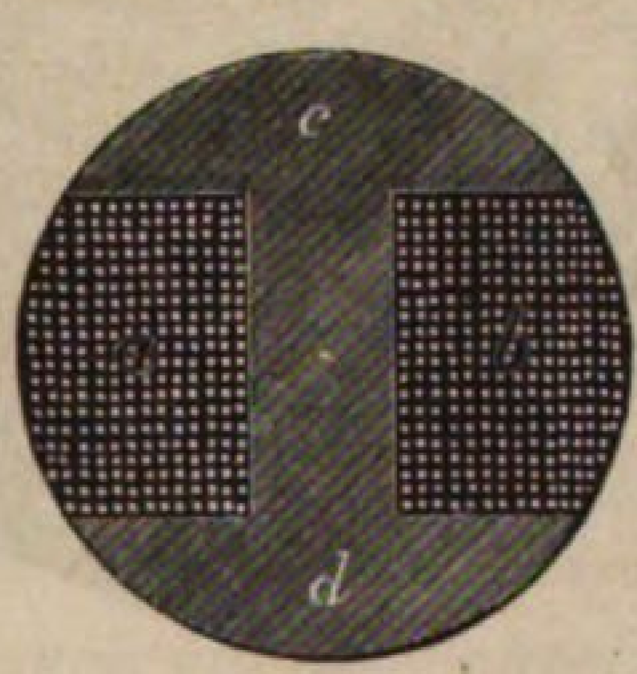
Die Schraube *R* dient dazu, den Elektromagneten in horizontaler Richtung zu verschieben und so die Wirkung des Echappements zu reguliren.

§ 13.

Inductionszeigertelegraph von Siemens und Halske.

An die Stelle des auf bairischen Telegraphenlinien in Gebrauch gewesenen Stöhrer'schen Inductionszeigers ist später der Induc-

Fig. 184.

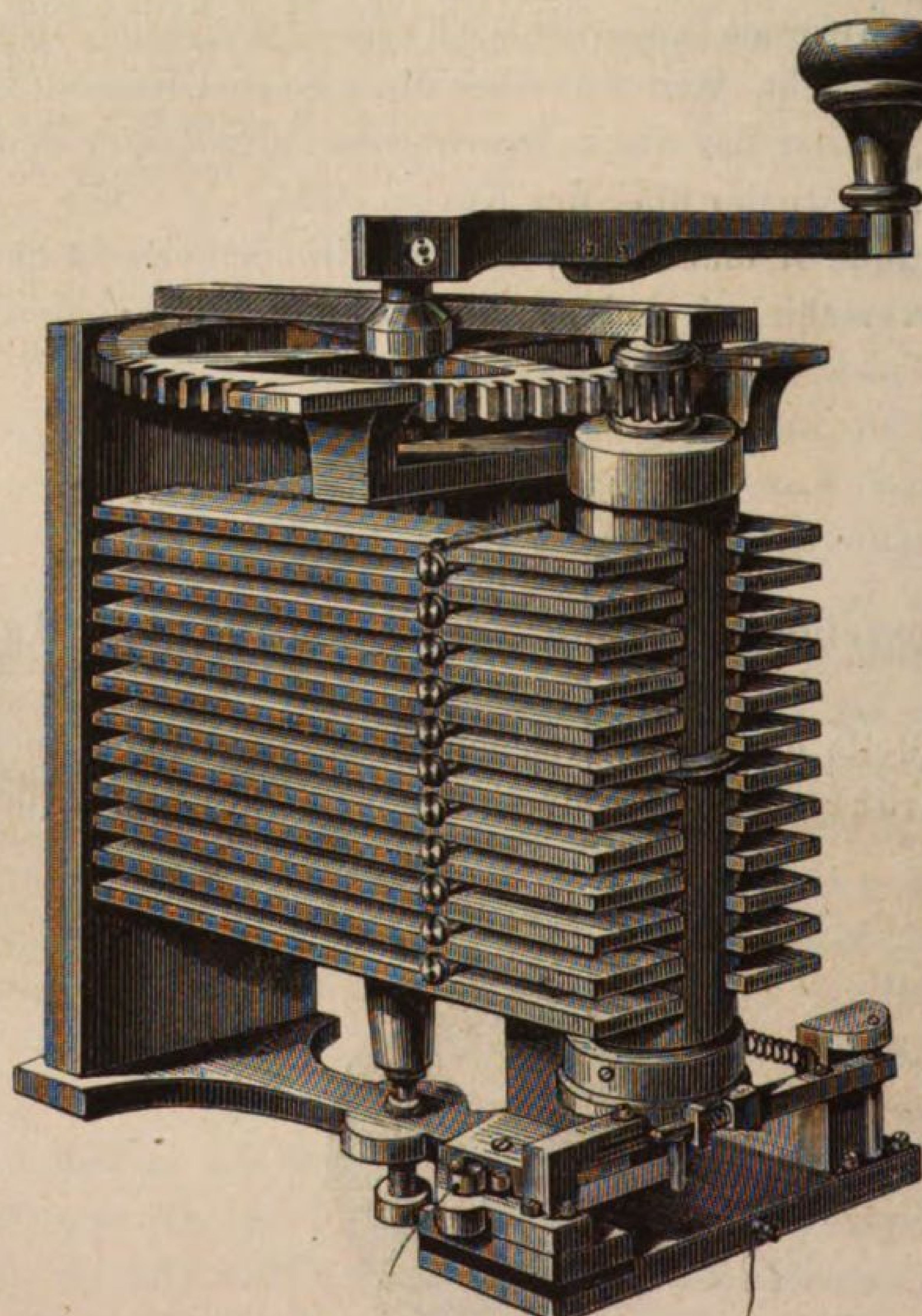


tionszeiger von Siemens und Halske getreten. An demselben ist besonders die Form des Ankers, in dem mittelst der angewandten Stahlmagnete Magnetismus erregt und so ein elektrischer Strom inducirt wird, von allen bisherigen Arten abweichend.

Dieser Anker oder Inductor besteht aus einem Eisenstücke, dessen Querschnitt in Fig. 184 dargestellt ist. Die beiden Einschnitte *a* und *b*, welche sich über die ganze Länge des Eisenstücks erstrecken, sind nun, wie die Fig. zeigt, der Länge nach mit Drahtlagen einer Spirale ausgefüllt, so dass dieser Anker mit seiner Inductionsspirale das Ansehen

einer Walze hat[1]). Diese Walze wird zwischen die entgegengesetzten Pole mehrerer über einander geschichteter Stahlmagnete gebracht, als deren gemeinschaftlicher Schliessungsanker das Eisen derselben auftritt, dessen beide Pole die Theile *c* und *d* sind. Dieser Anker wird durch

Fig. 185.



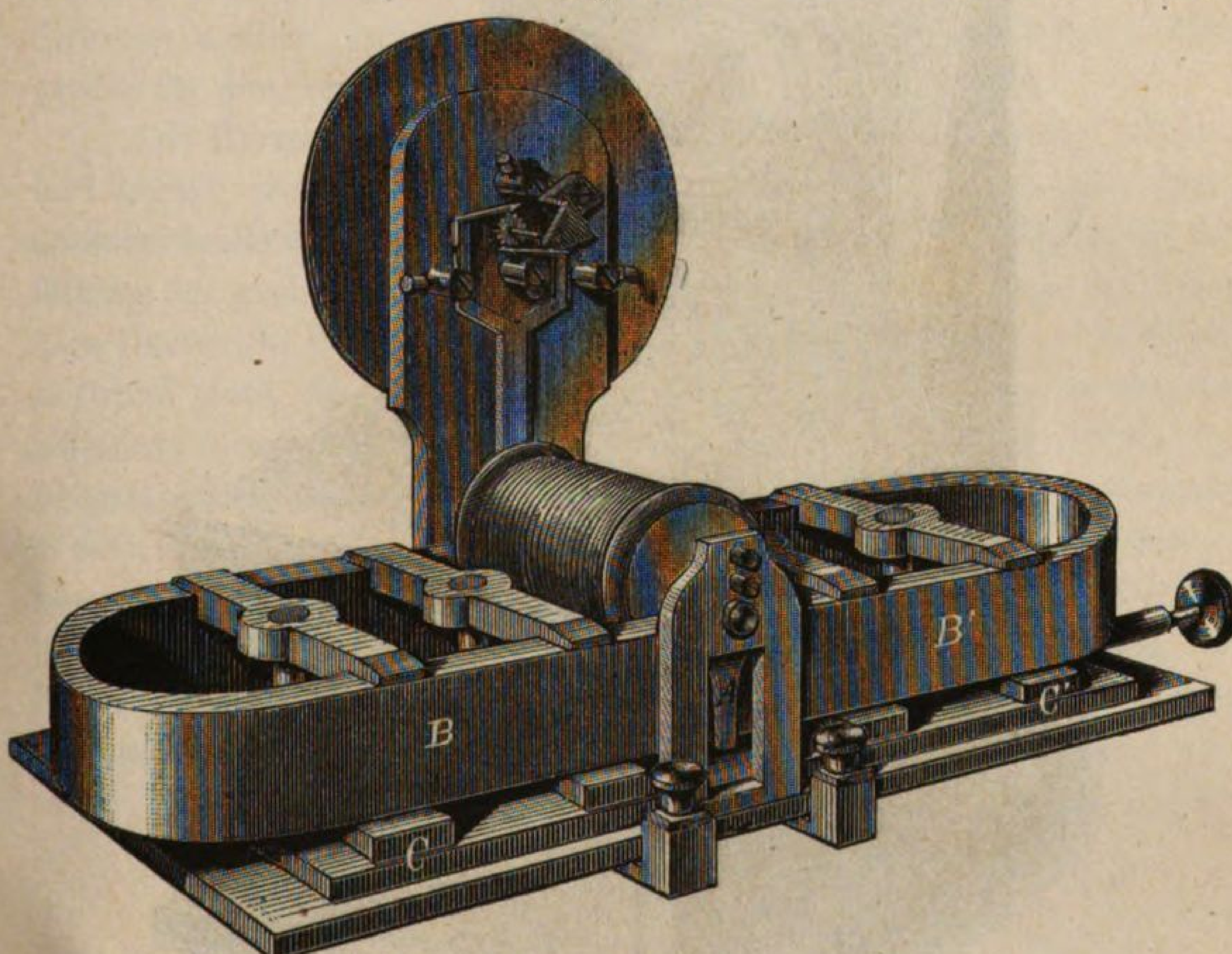
ein Zahnrad nebst Kurbel in schnelle Rotation versetzt, und zwar ist die Zahl der Zähne so geordnet, dass durch eine ganze Umdrehung des Ankers der Zeiger des Zeichengebers um einen Buchstaben fortrückt. Die Fig. 185 stellt die eben beschriebene Einrichtung dar.

Wie man sieht gehen die beiden Enden der den Anker umgebenden Spirale unten ab. Dieselben führen zu einem Elektromagneten Fig. 186, dessen Polverlängerungen *A* sich zwischen den entgegengesetzten Polen

[1]) Verhandlungen des Vereins für Eisenbahnkunde, 10. März 57, p. 121.

zweier hufeisenförmiger Stahlmagnete *B*, *B'* befinden, die die Pole des geraden Elektromagneten mit gleicher Kraft anziehen. Ein die Windungen dieses Magneten durchlaufender Strom stört das Gleichgewicht in der Anziehung, und es erfolgt eine Drehung des Eisenkernes je nach der Richtung des Stromes in dem einen oder anderen Sinne. Die hierdurch erzeugten Oscillationen des Kernes werden durch einen mit ihm verbundenen gabelförmig gespaltenen Arm mittelst zweier an demselben

Fig. 186.



befestigten federnden Haken auf die Zähne eines Rades übertragen, das den Zeiger des Zifferblattes trägt, so dass dieser dadurch im Kreise herumbewegt wird.

Wie bereits bemerkt ist, gelangt dieser Zeiger bei einer jeden ganzen Umdrehung des Inductionsankers um einen Buchstaben weiter, und dies geschieht durch eine Hin- und Herbewegung des Elektromagneten, weil bei jeder halben Umdrehung in der Spirale des Ankers ein Strom erzeugt wird, der aber bei jeder folgenden die entgegengesetzte Richtung des vorhergehenden hat.

Die Fig. 187 giebt eine perspectivische Darstellung des Apparates von aussen. Die beiden Zifferblätter sind mit den Buchstaben des

Alphabets in gleicher Zahl und Reihenfolge versehen. Wird nun die Kurbel *H* bis auf irgend einen Buchstaben gedreht, so müssen mit dem Zeiger des Apparates auch alle Zeiger an den Apparaten der anderen Stationen, welche mit in die Leitung eingeschlossen sind, bis auf denselben Buchstaben fortrücken.

Fig. 187.



Der oscillirende Magnet ist mit einem Hammer versehen, welcher an zwei am Kasten befestigte Glocken schlägt, wenn der Wecker durch Eindrücken des Knopfes *K* eingeschaltet ist. Die Regulirung der Zeigerstellung geschieht dadurch, dass man den unten am Zeichengeber befindlichen Knopf *k* niederdrückt und die Kurbel *H* bis auf das obere weisse Feld dreht.

In einem Zeugniss der bairischen Telegraphendirektion vom Jahre 1857 über diesen Telegraphen heisst es: „Das Telegraphenamt legte der Telegraphenbauanstalt ein Constructions-Programm vor, welches

folgende Bedingungen enthielt: Erzeugung des Stromes durch Bewegung von Inductionsspiralen; Minimalgeschwindigkeit so gross, wie bei den älteren Zeigerapparaten von Siemens und Halske; Arretirung des Zeigers durch den Strom selbst, ohne Anwendung eines besonderen Uhrwerks; vollkommener Verschluss des Apparates, so dass der Telegraphirende nur zu den ihm nöthigen Correkturen, welche nach aussen gelegt werden müssen, gelangen kann, und Sicherung des Zeigers gegen Berührung mit der Hand; solide, nicht zu empfindliche Construction und Verwendung starker Stahlmagnete zur Erzeugung eines kräftigen Stromes; endlich Anbringung einer möglichst stark tönenden Alarmglocke für den Anruf."

„Die Herren Siemens und Halske haben diese Aufgabe meisterhaft gelöst; die von ihnen gelieferten Apparate zeichnen sich durch ausserordentliche Einfachheit ihrer Construction, durch vollständige Erfüllung der gestellten Bedingungen aus. Sie sind compendiös, erfordern kein Laufwerk; die Bewegung der Kurbel findet ohne merklichen Kraftaufwand statt, da durch die eigenthümliche Construction des Magnetinductors dieser nur eine geringe Trägheit besitzt. Die Arretirung des Zeigers erfolgt gleichzeitig mit der mechanisch und auf äusserst einfache Weise bewirkten Arretirung der Kurbel. Die nöthigen Correkturen können durch den Strom selbst vorgenommen werden, die Zeiger laufen vollkommen sicher und fast unbegrenzt schnell. Die Erlernung der Manipulation hat für jeden, der ohnehin lesen und schreiben kann, durchaus keine Schwierigkeiten."

VI. Abschnitt.

Die jetzige Telegraphie.

Die elektromagnetischen Schreibtelegraphen.

§ 1.

Der Telegraph von Morse.

1. Die Erfindung. Wenn Wheatstone gegen Quetelet im Jahre 1838 geäussert hat[1]), dass er seinerseits bereits die Namen von 62 Physikern gesammelt habe, welche die Erfindung des elektromagnetischen Telegraphen beanspruchen, so kann es nicht allzusehr Wunder nehmen, wenn sich unter diesen auch der Name Morse findet. Allein obgleich dieser Physiker schon im Jahre 1832 die Idee seines Telegraphen mitgetheilt zu haben behauptet, was ausserdem noch in Zweifel gezogen wird[2]), so liegt doch zwischen dieser Mittheilung und der ersten Ausführung ein Zeitraum von 5 Jahren. Im Jahre 1837 construirte Morse den ersten Telegraphen, der jedoch in dieser unvollkommnen Form wenig Aussicht auf Verbreitung gewährte. Wenngleich nun aber in Zweifel gezogen werden muss, dass Morse, Professor an der Universität in New-York, die Priorität der Erfindung der elektromagnetischen Telegraphen überhaupt beanspruchen könne; so ist doch das ausser allem Zweifel, dass der von Morse erfundene Telegraph für jetzt unter allen die erste Stelle einnimmt, ein Umstand, der den Namen seines Erfinders unsterblich machen wird. Der Erfolg hat ganz unzweifelhaft die im Jahre 1840 in den Vereinigten Staaten von Nordamerika patentirte Erfindung Morse's zu der wichtigsten auf diesem Gebiete erhoben. Fast sämmtliche Staatstelegraphen des europäischen Festlandes sind Morse'sche, und auf den grossen Linien Nordamerika's ist Morse's Telegraph allein in Anwendung.

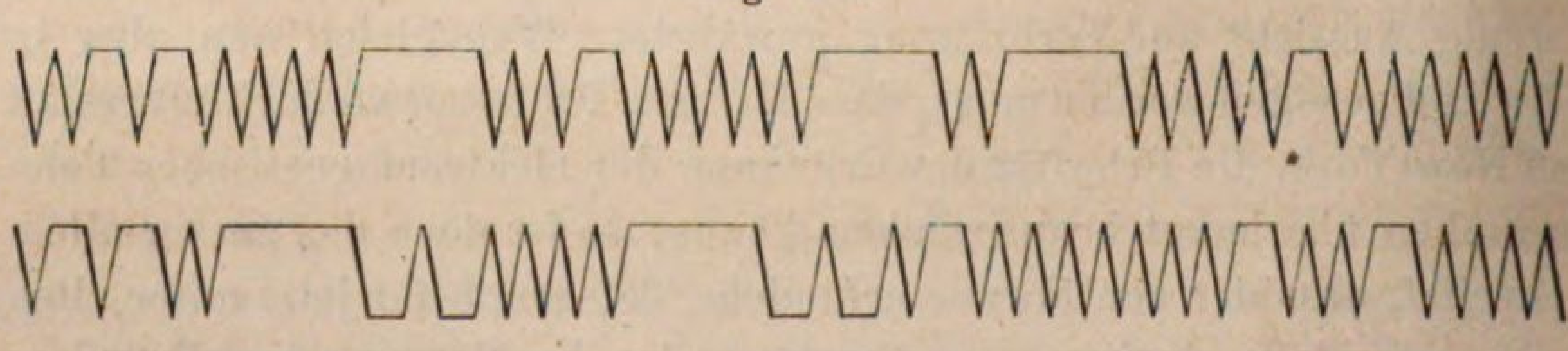
Wie bei allen grossen Erfindungen, so hat auch hier die Anwendung

[1]) Moigno, Télégr. electr. pag. 75, 2. Aufl. 1852. [2]) Ib. pag. 76.

des Apparates viele wesentliche Verbesserungen aller einzelnen Theile hervorgerufen. Unter den Physikern, welche mit an der Vervollkommnung dieses Telegraphen gearbeitet haben, müssen wir besonders Siemens und Halske, Stöhrer, Steinheil, Hipp, die Gebrüder Digney und Varley nennen.

2. Der frühere Telegraph. Bei seiner früheren Ausführung ging zwar Morse ebenfalls darauf aus, die Nachrichten durch Vermittelung des galvanischen Stromes in bleibenden Zeichen auf Papier darzustellen, allein er versuchte dies auf elektrochemischem Wege, oder durch Einbrennen von Löchergruppen in Papier zu erreichen[1]). Erst nach mehrjährigen Versuchen gelang es ihm 1836 einen einigermassen brauchbaren Apparat zu construiren. Bei demselben war über dem gleichmässig fortbewegten Papierstreifen ein hölzernes Pendel so aufgehängt, dass ein an seinem unteren Ende befestigter Schreibstift oder mit Farbe gefüllter Pinsel mit dem Papier in steter Berührung war und auf demselben eine gerade Linie zog, so lange das Pendel in seiner Ruhelage blieb. Ein Elektromagnet, der in Verbindung mit der entfernten Station stand, zog einen am Pendel befestigten Anker an und lenkte so dasselbe in einer gegen die Bewegung des Papiers senkrechten Richtung ab, wodurch denn der am Pendel befestigte Schreibstift seine geradlinige Marke durch eine je nach der Zeit und Dauer der Schliessung verschiedene Zickzacklinie unterbrach und so eine Zeichnung gab, etwa wie die Figur 188 darstellt.

Fig. 188.

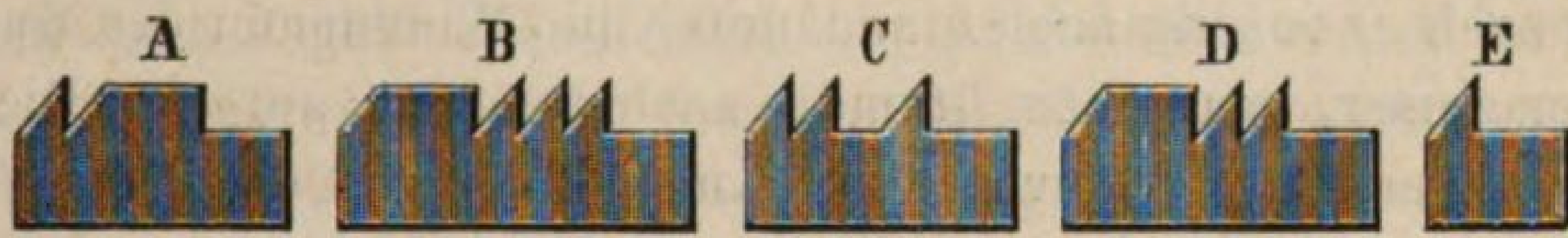


Aus solchen Zeichen hatte Morse ein Alphabet zusammengesetzt und Typen angefertigt, welche dem entsprechend mit Zähnen versehen waren. Die Schliessung und Unterbrechung der Kette bewirkte er durch eine Vorrichtung, welche die in den gedachten Typen gesetzte Depesche unter einem Hebel vorüberführte, der die Kette schloss, so oft er durch die Vorsprünge der Typen gehoben wurde. Die Fig. 189 stellt einige dieser Typen dar.

1) Brix Zeitschrift I. p. 193.

3. Morse's Apparat mit Schreibhebel. Erst am 20. Juni 1840 erhielt Morse in den vereinigten Staaten ein Patent auf einen Telegraphen, bei dem das Pendel seines ersten Apparates durch den jetzt üblichen Schreibhebel mit Stahlspitze als Schreibstift ersetzt war. In dieser Gestalt bestand Morse's Apparat aus dem Schlüssel und dem

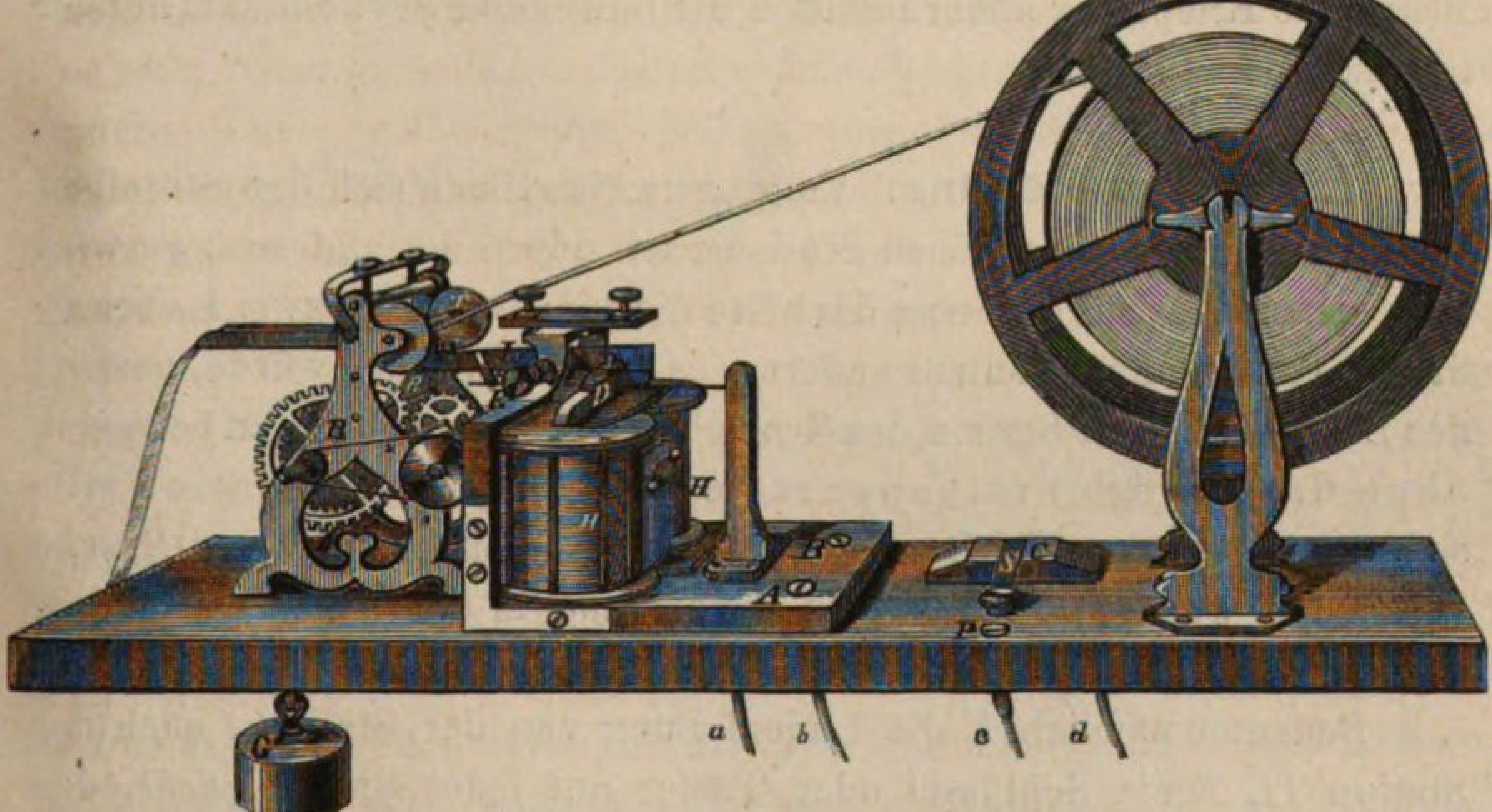
Fig. 189.



Schreibapparat, und in dieser Form wurde der Apparat aus Amerika nach Europa gebracht.

Dieser Telegraph ist in Fig. 190 dargestellt[1]). *H* ist ein Hufeisen-

Fig. 190.



elektromagnet, der bestimmt ist, den Hebel *L* mittelst des Ankers *D* anzuziehen. Dieser Hebel dreht sich um die Axe *E* und wird mithin, wenn *D* sich senkt, bei *R* gehoben und drückt mittelst des Stiftes gegen einen Papierstreifen, der sich von dem Rade rechts abwickelt und mittelst der durch ein Uhrwerk getriebenen Vorrichtung um die Walze *T* fortbewegt wird. Das Uhrwerk wird bei dem Zapfen *R* mittelst eines Schlüssels

[1]) Shaffner. Elektr. Teleg. p. 423.

aufgezogen und durch das Gewicht bei *G* in Bewegung erhalten. *a*, *b*, *c* und *d* sind die Zuführungsdrähte von der Säule her. Denken wir uns *b* und *c* mit einander verbunden, und die leitende Feder *S*, den Schlüssel, vom Strome durchflossen, sobald der Knopf derselben auf die Platte *P* hinabgedrückt wird; so ist die Säule geschlossen, wenn *a* und *d* mit den beiden Polen der Säule in Verbindung gebracht sind. Der Strom nimmt alsdann seinen Weg von *d* aus nach *C* durch den Schlüssel *S* und *P* nach *c*, von da nach *b* und durch die Windungen des Hufeisenelektromagneten, dann über *A* und *a* nach der Säule zurück. Die Säule ist also immer geöffnet, wenn der Knopf der Feder die Platte *P* nicht berührt und bewirkt also eine Anziehung des Ankers, wenn der Knopf herabgedrückt wird. Für diesen Fall macht der Schreibapparat mittelst des Hebels *L* Eindrücke auf den sich bewegenden Papierstreifen.

Geht die Leitung von der Feder *S* nicht über *c* nach *b*, sondern von *c* durch den Liniendraht nach *b* des Apparates der nächsten Station, so wird beim Niederdrücken des Knopfes dieser Apparat in Bewegung gesetzt und dort das Zeichen gegeben. Ebenso bewirkt der niedergedrückte Knopf der andern Station die Bewegung des Hebels *L* auf der hiesigen.

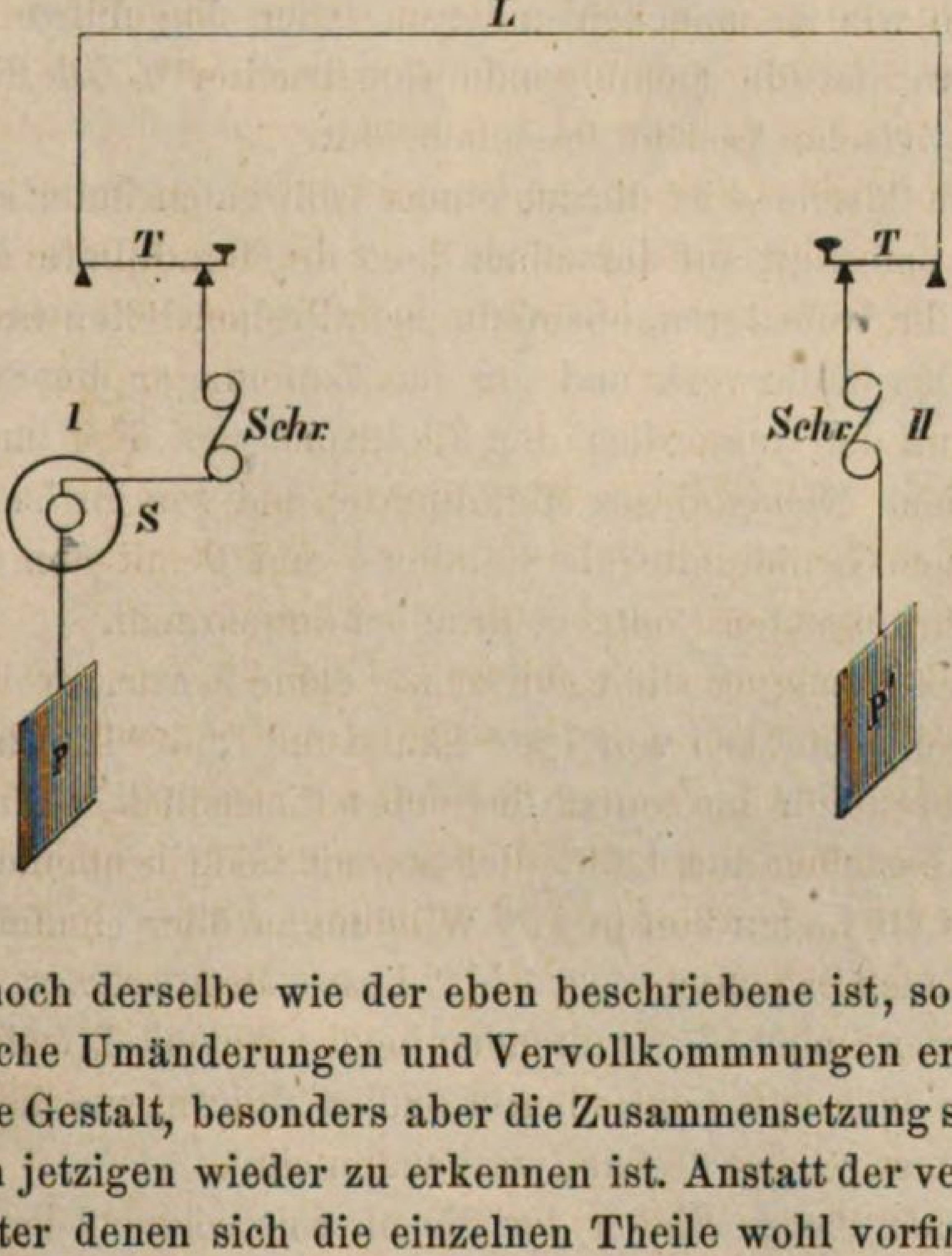
4. **Die Stromleitung.** Vergegenwärtigt man sich den Stromlauf von den Apparaten der einen Station nach denen der anderen, so wird man erkennen, dass nur eine direkte Verbindung, d. h. zwei Leitungsdrähte von einer Station zur anderen, es möglich machen würde, mittelst des Schlüssels einer Station den Schreibapparat der anderen zu bewegen, ohne dass der Schreibapparat der sprechenden Station mitarbeitet. Da nun die Doppelleitung auch bereits damals von Morse vermieden wurde, so musste die Verbindung in der Weise stattfinden, wie die Figur 191 es zeigt.

Bedeutet nämlich *L* die Linienleitung von der Station *I* nach der Station *II*, *T* die Schlüssel oder Taster auf jeder Station, *Schr.* den Schreibapparat, *S* die galvanische Säule und *P* und *P'* die Platten, welche den Strom an beide Stationen in die Erde leiten, so geht der Strom in der schematischen Darstellung der Figur vom Kupferpol aus durch die Linienleitung nach der Station *II* und dort durch die Apparate in die Erde, während der vom Zinkpole aus auf der Station *I* in die Erde geht. Man wird aus dieser Zusammenstellung sehen, dass auf der sprechenden Station der eigene Schreibapparat immer mit in der Leitung sein muss, dass er also immer mitarbeitet, und dass ferner stets beide Schlüssel im Ruhezustande geschlossen sein müssen, wenn

die eine Station von der anderen soll angerufen werden können. Es musste also unter diesen Umständen beständig ein Strom durch die ganze Leitung circuliren, der nur zeitweilig, wenn eine der Stationen sprach, unterbrochen wurde. Auch noch jetzt wird diese Art der Verbindung, wie wir wissen, unter der Bezeichnung „Leitungen mit Ruhestrom“ angewandt. Wir haben von den Bedingungen, unter denen ihre Anwendung vortheilhaft ist, bereits früher gesprochen[1]). Auch die Anwendung einer Batterie auf jeder Station würde unter den gegebenen Umständen keine Aenderung der Stromverbindung gestatten.

Wenngleich nun zwar der jetzt angewandte Morse'sche Apparat

Fig. 191.



im Princip noch derselbe wie der eben beschriebene ist, so hat er doch so mannigfache Umänderungen und Vervollkommnungen erfahren, dass seine frühere Gestalt, besonders aber die Zusammensetzung seiner Theile kaum in dem jetzigen wieder zu erkennen ist. Anstatt der verschiedenen Formen, unter denen sich die einzelnen Theile wohl vorfinden, geben wir in dem Folgenden besonders die Beschreibung der Apparate, wie sie in der deutschen Telegraphen-Verwaltung und auch im Wesentlichen auf allen Stationen des früheren deutsch-österreichischen Telegraphenvereins in Anwendung sind. Dieselben sind in ihren Haupttheilen in Brix Journal von dem früheren Telegraphendirektor Nottebohm be-

[1]) Siehe vorigen Absch. § 10. Nr. 4.

schrieben. Hiernach besteht ein vollständiger Morse'scher Telegraph ausser der Leitung und der galvanischen Säule aus:

1. dem Schreibapparat,
2. dem Schlüssel oder Taster,
3. dem Relais,
4. dem Stromwender,
5. dem Galvanometer,
6. dem Blitzableiter,

wozu unter Umständen auch noch die Apparate für Uebertragung und Umschaltung kommen.

5. Der Schreibapparat. Der früher vielfach auf den preussischen Stationen, so wie an manchen anderen Orten eingeführte Morse'sche Schreibapparat hat die nachfolgende Construction[1]. Die Fig. 192 stellt eine perspektivische Ansicht desselben dar.

Auf dem Tische *A* ist die aus einem isolirenden Material bestehende Grundplatte befestigt; auf derselben liegt die Metallplatte *B B*, welche mit den auf ihr befestigten, ebenfalls metallischen Seitenwangen *CC* das Gestell für das Räderwerk und für das Zapfenlager des Schreibhebels bildet und auf der ausserdem der Elektromagnet *M M* und die kleine Säule *E* stehen. Neben dieser Metallplatte, und von ihr isolirt, sind auf der isolirenden Grundplatte die Ständer *F* und *D* mit den den Hub des Hebels beschränkenden Contactschrauben angebracht.

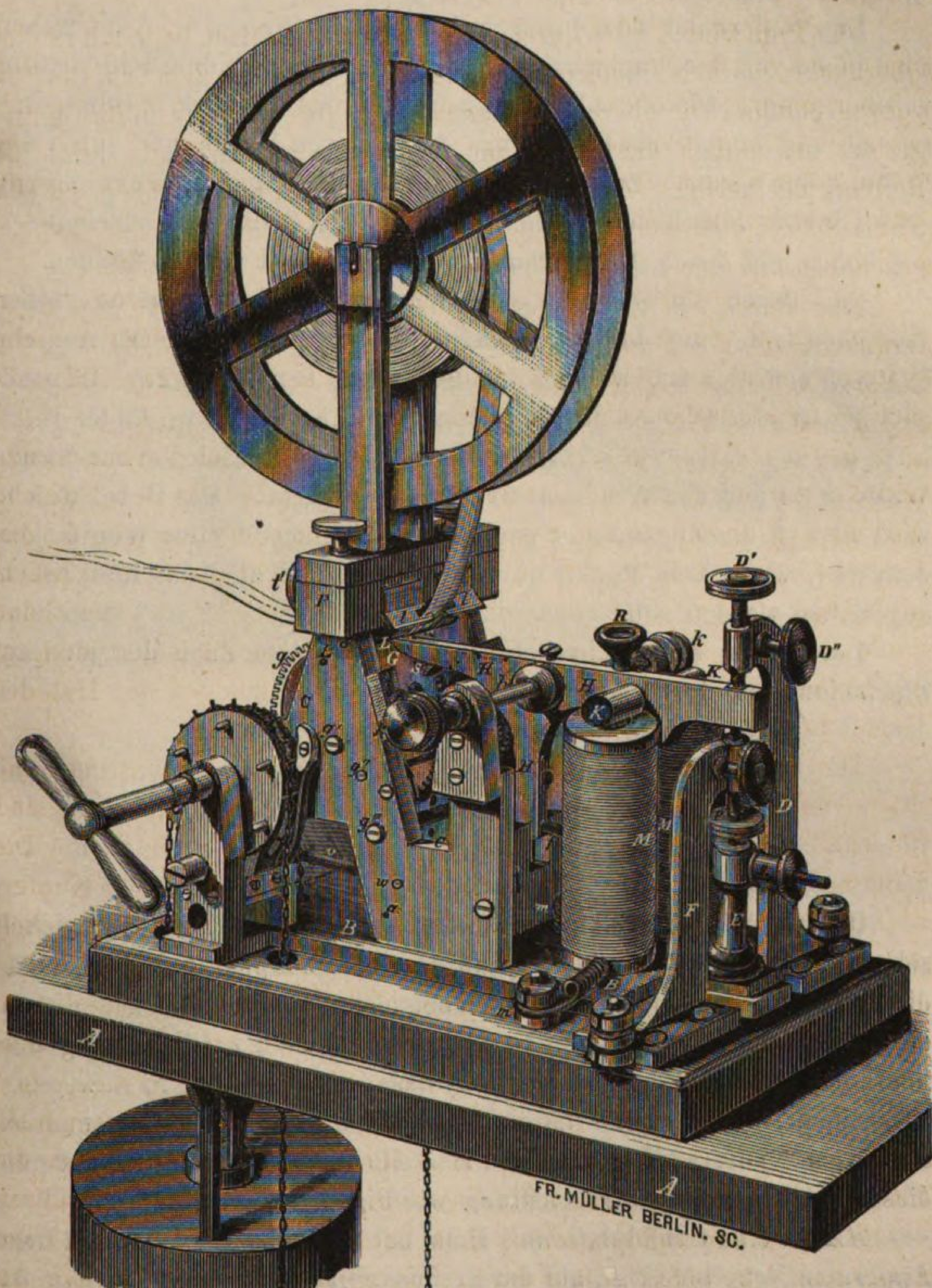
Der Elektromagnet steht aufrecht. Seine Kerne, zwei cylindrische Stäbe von weichem Eisen von $7{,}8^{cm}$ Länge und $1{,}63^{cm}$ Durchmesser, sind unterhalb durch ein horizontal liegendes Eisenstück verbunden. Die Drahtrollen bestehen aus $0{,}63^{cm}$ dickem, mit Seide besponnenem Kupferdraht, der in 20 Lagen von je 114 Windungen über einander gewickelt ist, so dass jeder Schenkel etwa 144^{m} dieses Drahtes trägt. Die Klemmschraube *m* verbindet die Drahtenden beider Schenkel, während die anderen Enden nach den Schrauben *m'* und *m''* führen, wo sie mit der Erdleitung, respective dem Relais, verbunden sind.

Ueber den oberen Enden der Eisenkerne schwebt der Anker *K K*, den der messingne Schreibhebel *H H* trägt, der seinerseits um die Stahl-Welle *N* drehbar ist. Die Schrauben *k k* dienen zum Reguliren der Stellung des Hebels, damit dem Schreibstift *s* die richtige Lage gegen den Papierstreifen und dessen Walze ertheilt werden könne. An den herabgehenden Fortsatz des Schreibhebels *H'* ist eine Spiralfeder *f*

[1] Brix Zeitschrift I. p. 196.

befestigt, welche durch die Schraube *e* beliebig gespannt werden kann. Die Schrauben *D′* und *F′* begrenzen den Hub des Hebels, während die

Fig. 192.



Schrauben *D″* und die bei *D* zum Festhalten der ersteren dienen. Die Ständer *F* und *D* sind isolirt, aber mit Klemmschrauben versehen, damit

sie in den Stromlauf eingeschaltet werden können, wenn der Apparat zum **Uebertragen** benutzt werden soll. Der Knopf *R* auf dem Schreibhebel macht es möglich auch ohne Schlüssel mit dem Apparate zu sprechen, wenn derselbe zum Uebertragen dient.

Das Papierband wird durch zwei messingne Walzen bei *L* mit rauher Oberfläche von dem Papierträger herabgezogen und an dem Schreibstifte vorübergeführt. Die obere Walze wird durch das Uhrwerk in Bewegung gesetzt und nimmt das Papier mit der anderen Walze nur durch die Reibung mit herum. Zur sicheren Führung des Papiers dienen die mit einem Schlitz versehenen Bleche *ll*, welche nach Bedürfniss auseinander geschoben und durch die Schrauben *l' l'* festgestellt werden können.

Das durch ein Gewicht getriebene Laufwerk besteht aus einer Daumenscheibe, auf der die Gewichtkette liegt, und an deren Axe ein Zahnrad befestigt ist, welches zur Bewegung der Walze zwei Räder *g* und *g'* und zum Treiben des Windfangs *w* noch zwei andre Räder *g'' g'''* in Bewegung setzt. Für jeden Umgang der Kettenscheibe macht die Walze *L* 24 und der Windfang 6144 Umdrehungen. Das Hebelstück *u* wird mittelst der Zugstange *v* gegen eine Bremsscheibe des Windfanges gedrückt, wenn kein Papier gebraucht wird und also das Räderwerk angehalten werden soll.

Der **Morse**'sche Schreibapparat besteht also nach der jetzigen Einrichtung aus dem Räderwerk,

den Walzen,
dem Schreibhebel mit Stift und Anker,
dem Elektromagneten und
dem Papierträger.

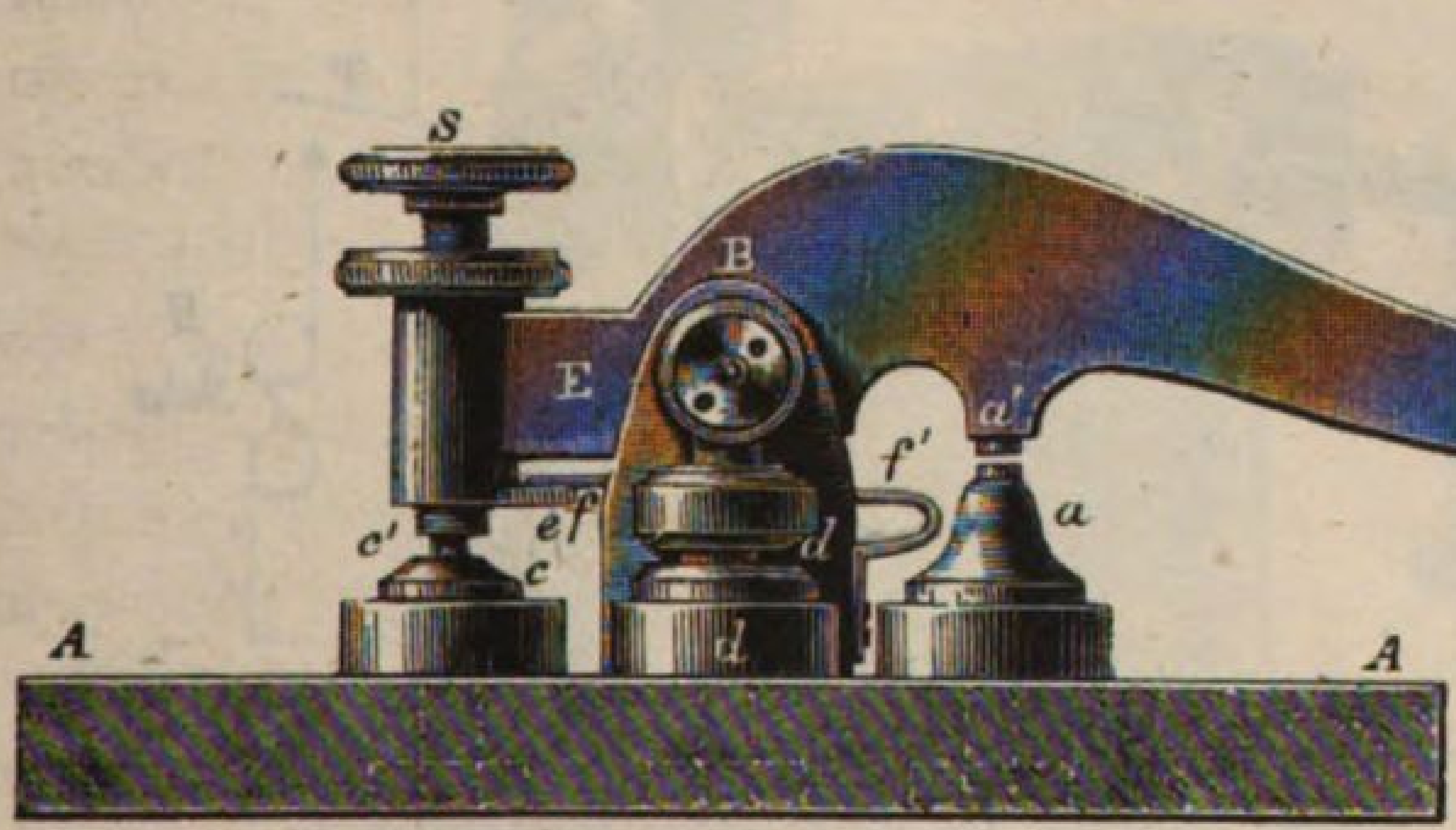
6. Der Schlüssel oder Taster. Obgleich es, wie wir später sehen werden, wohl möglich ist, mit dem Schreibapparat auch zugleich die Zeichen zu machen, so ist es doch bequemer, sich zum Zeichenmachen eines besonderen Apparates zu bedienen. Aus der Einrichtung des Schreibapparates ersieht man schon, dass, um denselben in Bewegung zu bringen, nichts weiter nöthig ist, als den Strom zu öffnen und zu schliessen. Dies auf bequeme und schnelle Weise herzustellen, hat nun dieser Zeichengeber die Einrichtung wie Fig. 193 darstellt.

AA ist eine Grundplatte aus Holz, mit vier Holzschrauben auf dem Apparatentische befestigt, auf der drei metallische Querschienen mittelst Bolzen aufgeschraubt sind. Die mittlere Schiene trägt die Lager *B* für die Drehungsaxe des Tasterhebels (Schlüssels) *Eb'*, die Schiene rechts trägt ein konisches Messingstück *a*, das in einem Theile aus Platin, dem

Ambos, endigt. Die Schiene links trägt ein kleineres Messingstück *c*, das ebenfalls mit einem Platinklötzchen *c'* endigt. An beiden Enden einer jeden Schiene befindet sich eine Mutterklemmschraube, um den Schlüssel in geeigneter Weise mit den übrigen Telegraphenapparaten in leitende Verbindung zu bringen.

Der Tasterhebel trägt an dem einen Ende einen Knopf *g*, und unter demselben, dem Ambos gegenüber ein Platinklötzchen *a'*, den Hammer; am anderen Ende des Hebels ist eine Schraube *S* mit Gegenmutter zur Regulirung des Abstandes zwischen Hammer und Ambos. Eine an der Mittelschiene befestigte Feder *ff'* endlich dient dazu, in der Ruhelage

Fig. 193.



den Hammer vom Ambos fern zu halten, sie drückt an dem Fortsatze *e* die Schraube *S* auf *c* nieder und stellt die leitende Verbindung mit diesem Contakte her.

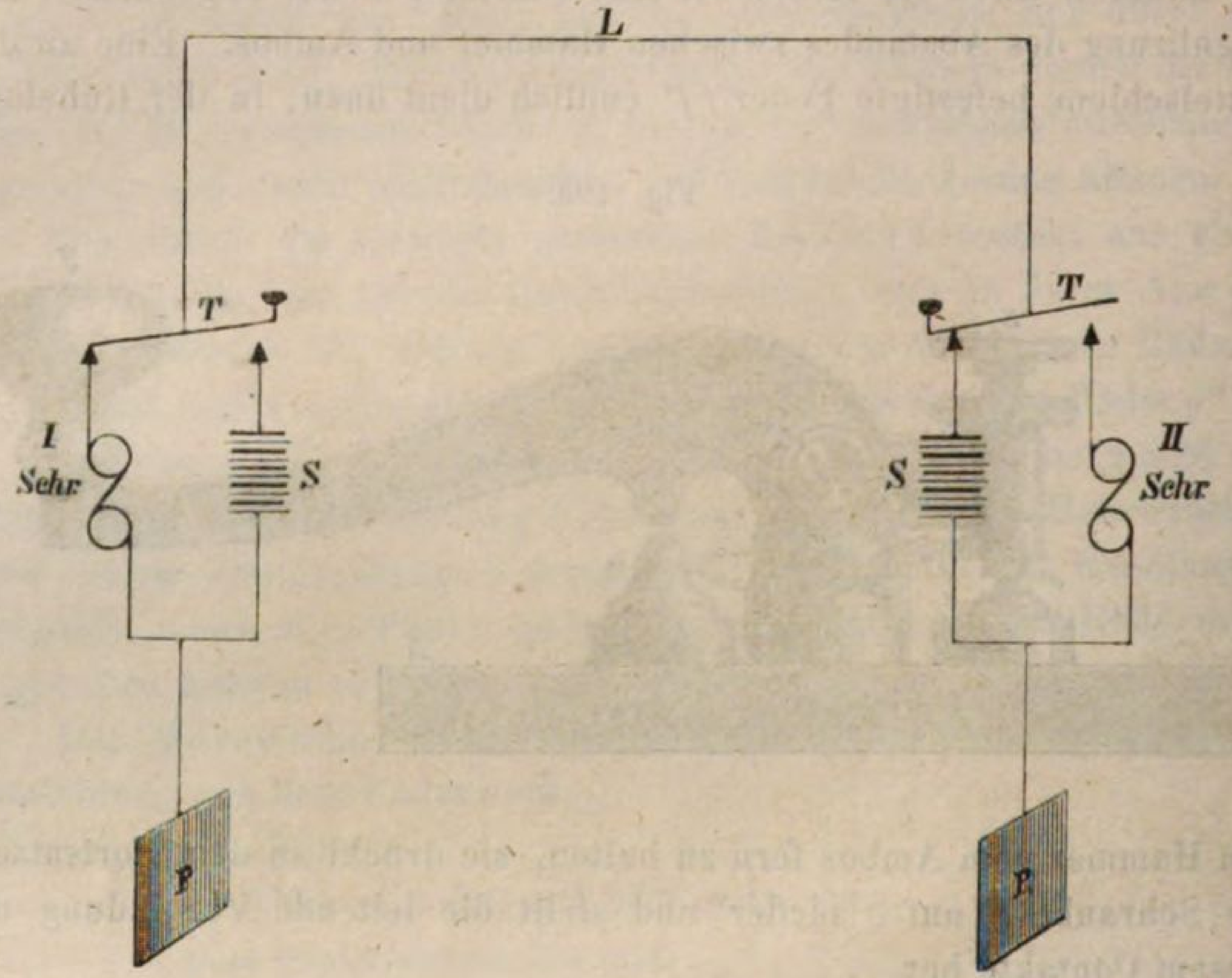
7. Die Stromleitung bei dem gewöhnlichen Schlüssel ohne Relais. Wenn, wie wir früher gesehen haben[1]), bei Anwendung eines Schlüssels mit einem einarmigen Hebel es nicht möglich war, weder ohne Mitarbeiten des eigenen Schreibapparates, noch ohne Ruhestrom die erforderlichen Verbindungen herzustellen, so wird dies jetzt bei Anwendung einer Linienbatterie auf jeder Station mittelst des eben beschriebenen Schlüssels möglich. Die Fig. 194 stellt schematisch die Verbindung zweier Stationen unter den gegebenen Bedingungen dar.

Die Buchstaben haben hier dieselbe Bedeutung wie in der Fig. 191. Man sieht, dass, wenn der Schlüssel auf der Station I in der Ruhelage ist, und der auf II in Contakt mit dem Ambos gebracht wird, wie die

[1]) Diesen Paragr. No. 4.

Figur zeigt, jetzt ein Strom von der Säule *S* auf der Station II über *TLT* und *Schr* nach *P* zur Erde geht, während der entgegengesetzte Strom auf der Station II direkt zur Erde abgeleitet wird. Entsprechendes geschieht mitttelst der Batterie der Station I, wenn auf derselben der Taster herabgedrückt wird. In diesem Falle ist immer der Schreibapparat der sprechenden Station ausser leitender Verbindung.

Fig. 194.



Diese hier beschriebene Stromleitung findet aber bei dem Reliefschreiber nicht statt, weil bei diesem immer ein Relais angewendet werden muss. Dieselbe ist nur der klareren Einsicht wegen und mit Bezug auf das früher Gesagte als ein unter diesen Verhältnissen möglicher Fall dargestellt. Wie schon erwähnt, kommt zu den beiden bis jetzt besprochenen Apparaten, dem Schreibapparat und dem Schlüssel, vor Allem

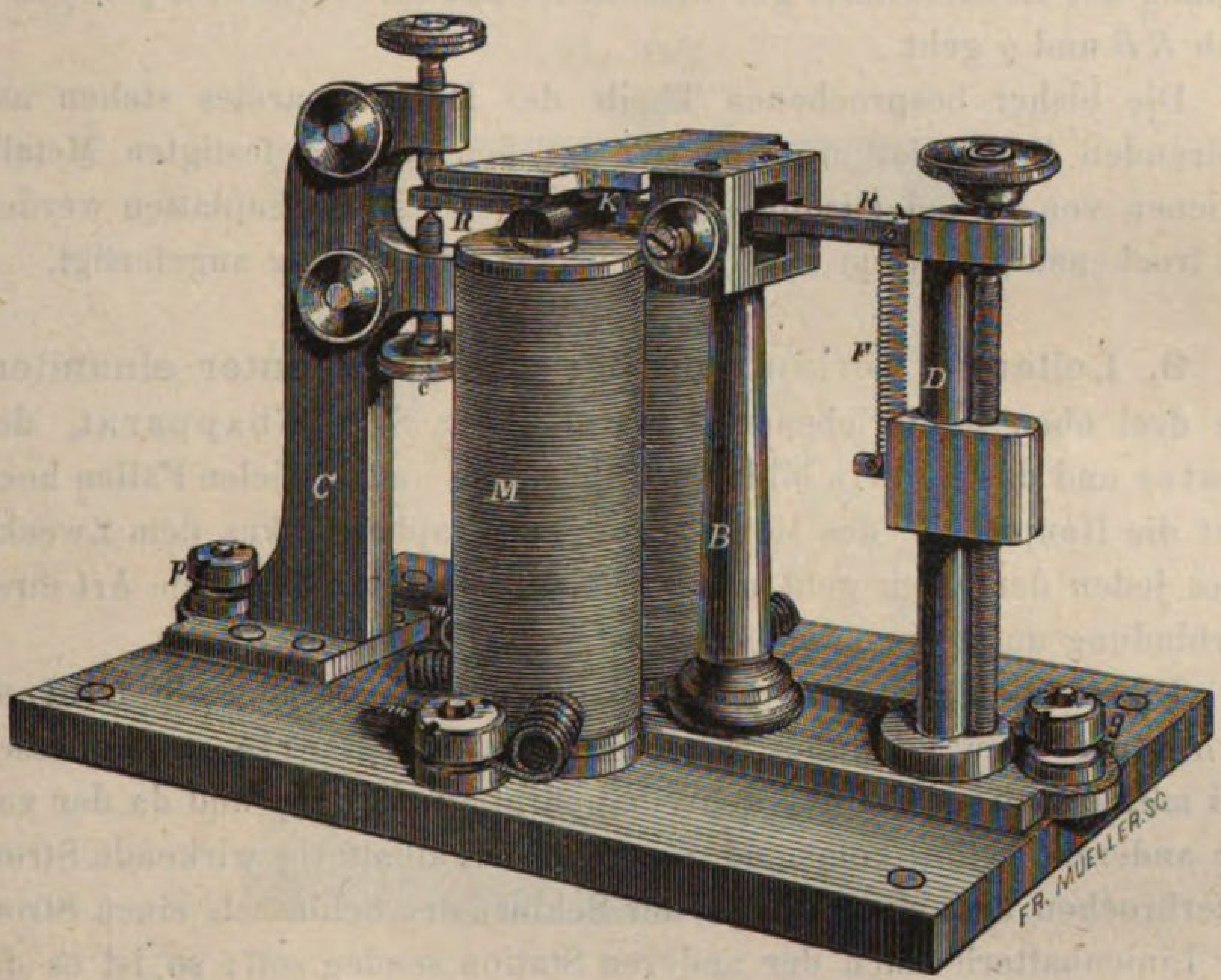
8. Das Relais. Bereits vorn bei der Beschreibung des Wheatstone'schen Telegraphen[1]) ist über die Anwendung des Relais gesprochen. Wheatstone war der erste, welcher dasselbe anwandte; es hat den

[1]) Siehe vorn Abschn. V, § 5, No. 3.

Zweck, durch einen Linienstrom, der nicht kräftig genug ist, die Telegraphen-Apparate in Bewegung zu bringen, einen neuen Strom, den der Lokalbatterie, zu schliessen, um mittelst dessen die Arbeit ausführen zu lassen.

Die Fig. 195 giebt die perspektivische Ansicht eines Relais. Auf einer isolirenden Bodenplatte steht ein Hufeisen-Elektromagnet *M*, dessen halbrunder Anker *K* an dem Hebel *RR* befestigt ist, den die Säule *B*

Fig. 195.



trägt. Die Vorrichtung *D* dient zum Anspannen der Hebelfeder *F*, während das Gestell *C* die Contaktschrauben zur Beschränkung des Hebelhubes hält. Die Klemmschraube *m'* verbindet die beiden Spiralen des Hufeisens mit einander, während die beiden anderen Enden der Elektromagnetspiralen nach zwei anderen Schrauben zu beiden Seiten des Hufeisens führen, von denen hier nur die eine *m* zu sehen ist. Die Klemmschraube *q* steht mit der Säule *B* und so mit dem Hebel *R* in Verbindung.

Aus dem Zwecke des Relais erkennt man nun leicht, in welcher Weise die Leitungen mit demselben verbunden sein müssen. Der Linienstrom soll mittelst dieses Apparates die Lokalbatterie schliessen, folg-

lich muss der Linienstrom durch die Spiralen des Elektromagneten gehen, wogegen in dem Kreise der Leitung der Hebel und der Ständer *C* sein müssen, so dass dieser Kreis nur an der Stelle bei der unteren Schraube *c* offen ist. Hieraus folgt, dass die Linienleitung sich mittelst der Schrauben *m'* und der entsprechenden auf der anderen Seite durch den Spiralendraht des Elektromagneten fortsetzt, wogegen die Leitung der Lokalbatterie in die Schrauben *p* und *q* treten muss. Kommt nun ein Strom durch die Linienleitung, so wird *M* magnetisch und zieht den Anker *K* an, bis der Hebel *R* die Schraube *c* berührt, wodurch dann die Leitung der Lokalbatterie geschlossen ist und ihr Strom über *p* durch *C* nach *RB* und *q* geht.

Die bisher besprochenen Theile des Morseapparates stehen auf isolirenden Bodenplatten, weil die auf denselben befestigten Metallschienen von einander isolirt sein müssen. Diese Bodenplatten werden aus trockenem, polirtem und in Wachs gekochtem Holz angefertigt.

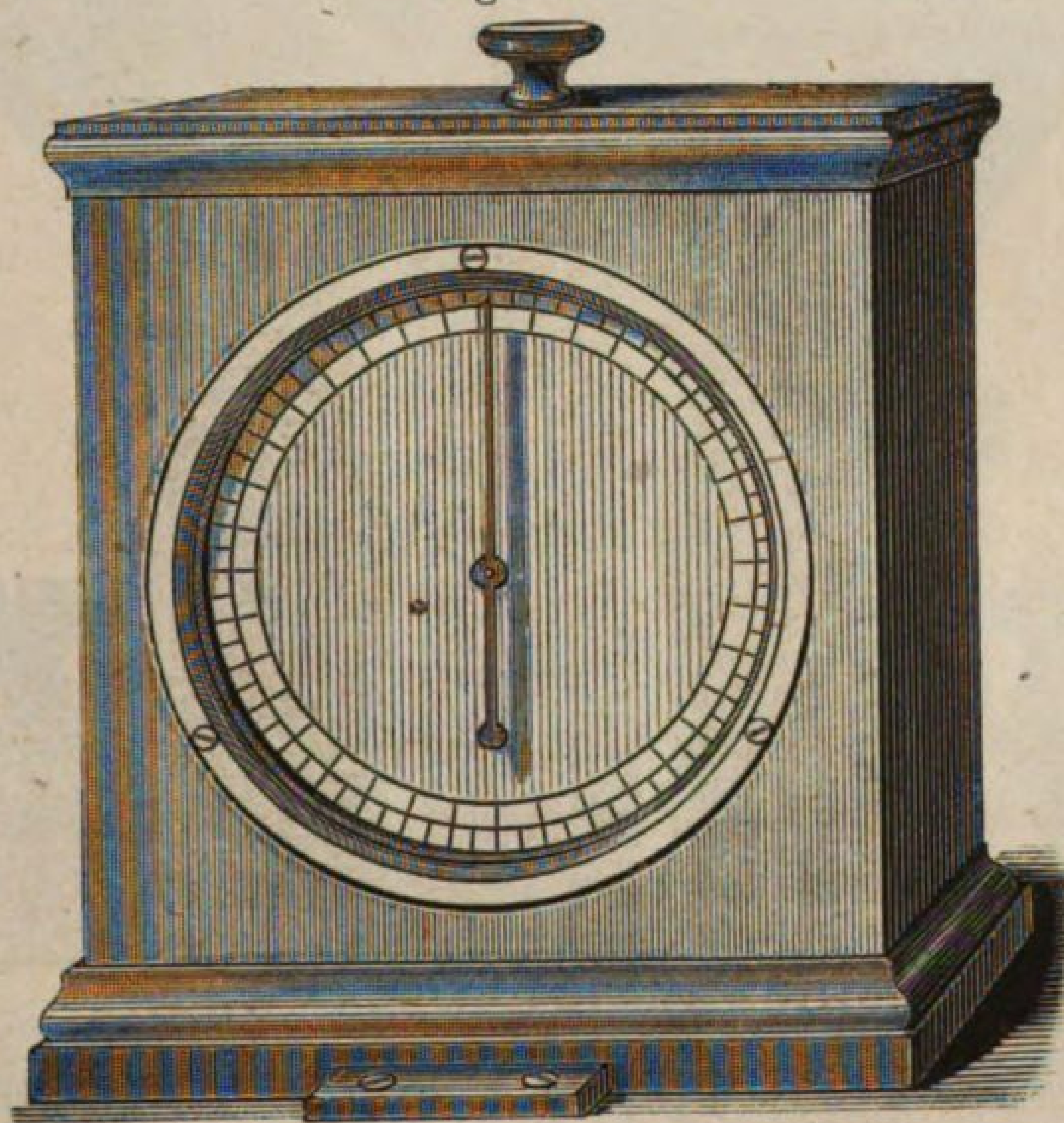
9. Leitende Verbindung der Apparate unter einander.

Die drei oben beschriebenen Apparate, der Schreibapparat, der Taster und das Relais bildeten früher stets und in vielen Fällen noch jetzt die Haupttheile des Morse'schen Telegraphen. Aus dem Zwecke eines jeden derselben geht nun auch auf einfache Weise die Art ihrer Verbindung unter einander hervor.

Da nämlich der von den Nachbarstationen kommende Linienstrom nur dazu verwandt wird, eine Lokalbatterie zu schliessen und mittelst dieser auf den Schreibapparat zu wirken, und da der von der anderen Station kommende, auf die Lokalbatterie wirkende Strom unterbrochen sein muss, wenn der Schluss des Schlüssels einen Strom der Linienbatterie nach der anderen Station senden soll; so ist es die Aufgabe des Schlüssels, dass er beim Empfang von Depeschen, also in der Ruhelage, die Verbindung zwischen der Lokalbatterie und der Linienleitung vermittle (nicht herstelle), beim Sprechen aber dieselbe aufhebe und statt dessen die Linienbatterie schliesse, und dass, wenn beide Stationen ausser Thätigkeit sind, kein Strom, weder in der Linienleitung, noch in den Lokalbatterien circulire. Diesen Forderungen ist genügt, wenn von der einen Schraube der links liegenden Querschiene des Tasters eine Leitung nach dem Relais der Lokalbatterie, von der einen Schraube der rechts liegenden Schiene eine Leitung nach der Linienbatterie und von der einen Schraube der mittleren Schiene eine Leitung zum Liniendrahte führt. Sind diese Verbindungen hergestellt, so führt der von der anderen Station kommende Linienstrom, wenn der Schlüssel

sich in der Ruhelage befindet, durch den Schlüssel selbst über $c\,c'$ (Fig. 193) nach dem Relais und bewirkt den Schluss der Lokalbatterie und so den Gang des Schreibhebels. Wird dagegen der Knopf des Schlüssels herabgedrückt, so ist die Verbindung bei c' aufgehoben, der Linienstrom der anderen Station kann nicht wirken, aber es geht nun der auf der sprechenden Station durch das Schliessen der Leitung entstandene Strom der Linienbatterie durch den Ambos a in den Schlüssel und von da in die Linienleitung zur anderen Station, wo er dann, wie der Strom von der anderen Station früher, hier den Schreibapparat in Bewegung bringt.

Fig. 196.

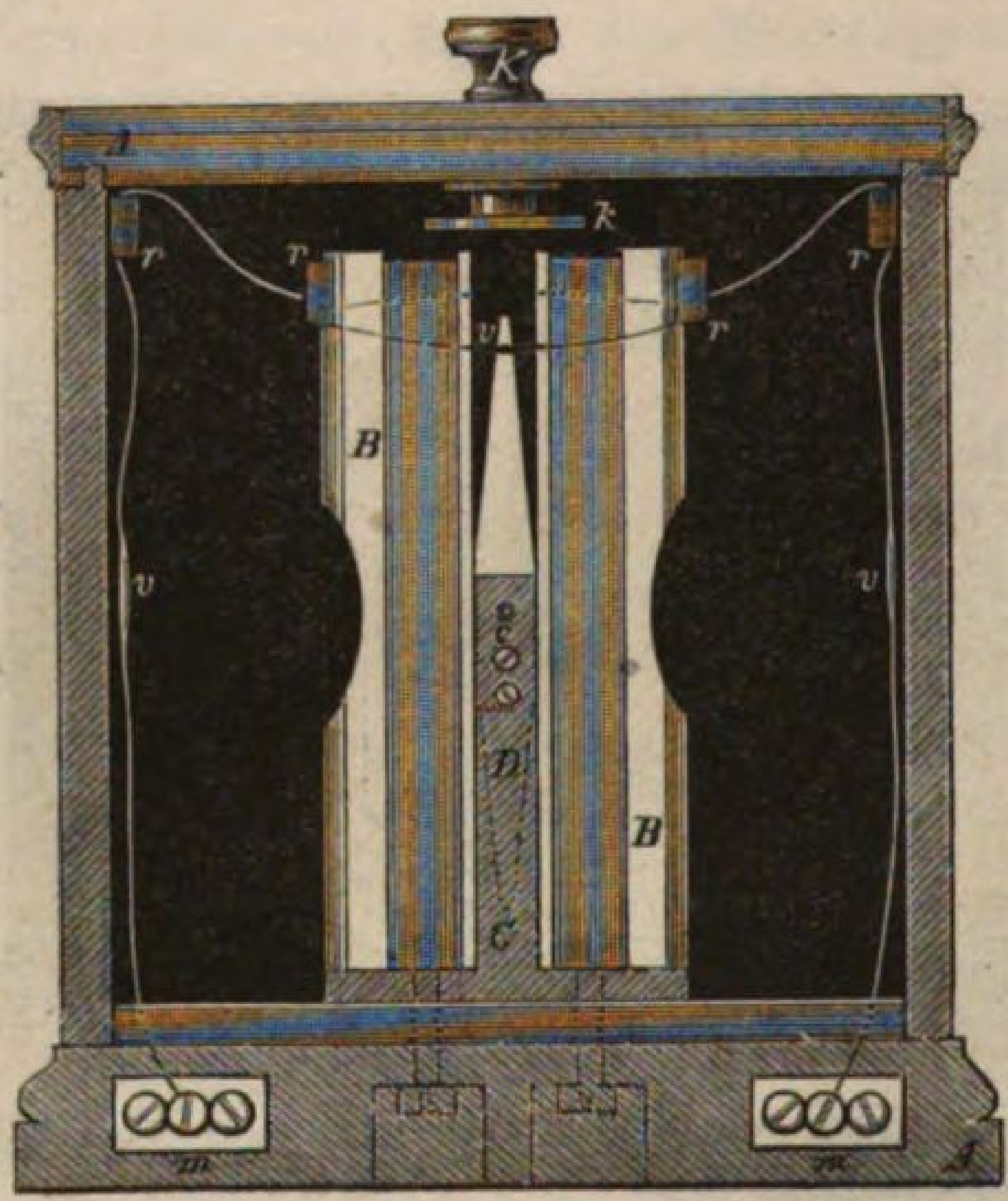


10. Das Galvanoscop. Wir haben bereits mancherlei Umstände erwähnt, unter denen es nöthig ist, sich von dem Vorhandensein des Stromes in der Leitung zu überzeugen. Damit dies stets möglich sei, führt die auf einer Station ankommende Leitung vor Allem durch ein Galvanoscop. Dieses Galvanoscop hat gewöhnlich die Form, welche die Fig. 196 darstellt. Zur Erleichterung der Beobachtung ist an demselben die Nadel senkrecht gestellt, eine Form, welche den Galvanometern zuerst von Siemens gegeben ist. Das Galvanoscop besteht aus einer einfachen oder astatischen Doppelnadel, wie die der Multiplicatoren. Die innere Nadel befindet sich innerhalb eines hölzernen Doppelrähmchens BB Fig. 197, welches die Kupferdrahtwindungen auf beiden Seiten gleichmässig vertheilt trägt. Der dazu verwendete Kupferdraht

hat dieselbe Stärke wie der der Relaiswindungen. Die Enden der Multiplicatorwindungen führen zu den Klemmen *m* und *m'*. Die äussere durch eine Glasplatte geschützte Nadel *d* bewegt sich über einem getheilten Kreise. Zum genauen Einstellen der Nadel auf Null bei Ausschluss des Stromes dient ein oberhalb des Rahmens angebrachtes Magnetstäbchen *k*, welches durch den Knopf *K* nach Bedürfniss gedreht werden kann.

In neuester Zeit sind von der deutschen Telegraphenverwaltung Galvanoscope eingeführt, welche eine von der eben beschriebenen ab-

Fig. 197.



weichende Construction haben und bei möglichster Einfachheit und Billigkeit doch die nöthige Empfindlichkeit besitzen, ohne leicht in Unordnung zu gerathen.

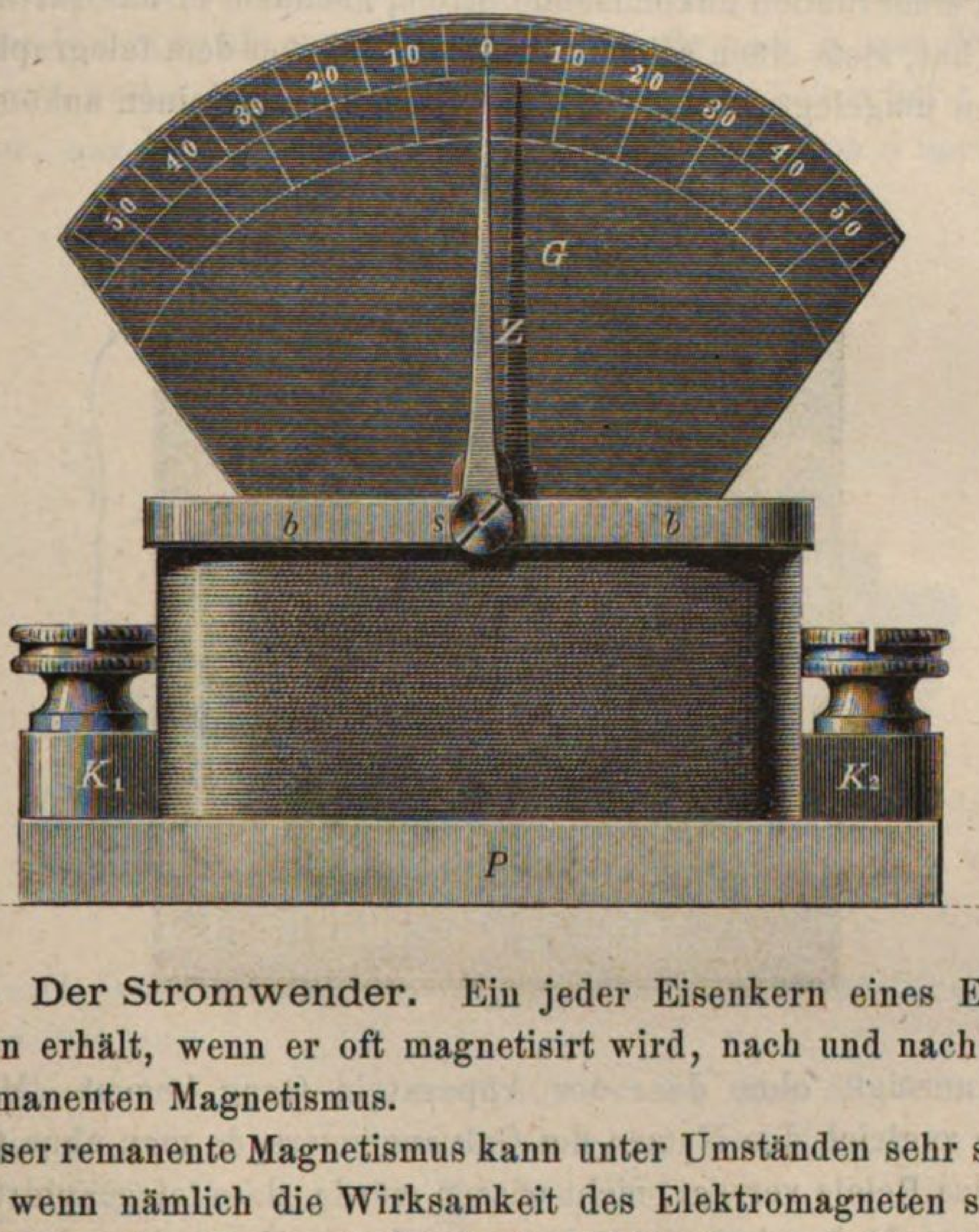
Eine zwischen zwei horizontal gegenüber stehenden Spitzen in senkrechter Ebene schwingende Magnetnadel trägt einen vertical nach oben gerichteten Zeiger, der sich also beim Ausschlagen der Nadel nach oben und unten, nach rechts oder links vor einer Kreistheilung bewegt und so einen das Multiplicatorgewinde durchfliessenden Strom anzeigt.

Die Kreistheilung auf einem senkrecht stehenden Messingblech, wird von zwei Messingsäulchen getragen, um die ohne weiteren Rahmen die Multiplicatorwindungen in horizontaler Richtung gelegt sind, so dass dieselben den sonst horizontalen Raum, in dem die Nadel schwingt, vertical lassen, und also diese von ihrem Unterstützungspunkte rechts

oder links nach oben ausgestossen werden kann und so den auf ihr senkrecht befestigten Zeiger in verticaler Ebene hin und her schwingen lässt.

Etwa 640 Windungen eines solchen Galvanoscops haben einen Widerstand von 26 Siemenseinheiten. Die beistehende Fig. 198 zeigt diese Einrichtung.

Fig. 198.

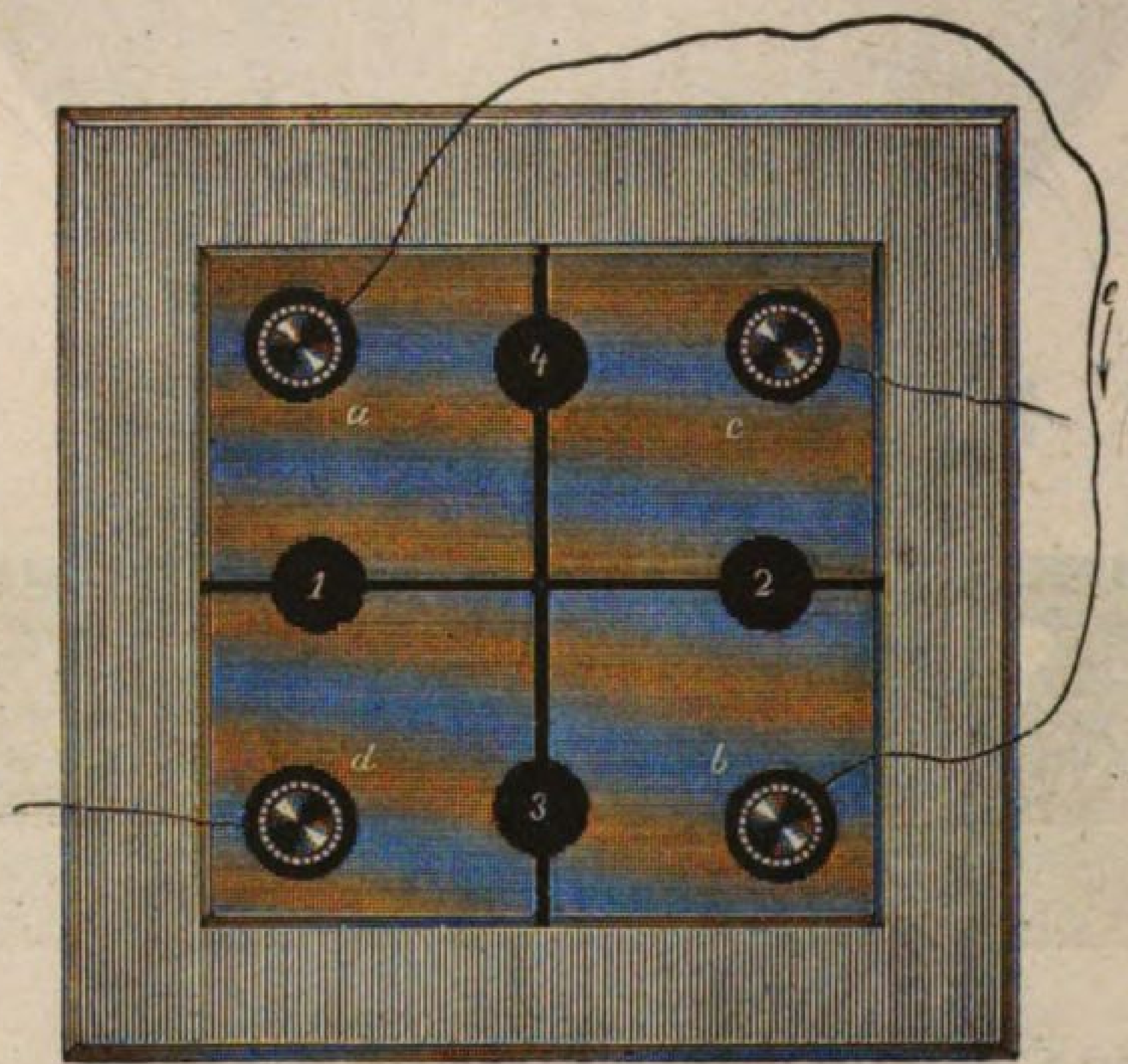


11. **Der Stromwender.** Ein jeder Eisenkern eines Elektromagneten erhält, wenn er oft magnetisirt wird, nach und nach immer mehr remanenten Magnetismus.

Dieser remanente Magnetismus kann unter Umständen sehr störend wirken, wenn nämlich die Wirksamkeit des Elektromagneten sich auf ein Wechseln seiner Pole gründet. In dem Falle, dass, wie beim Schreibhebel des Morseapparates, die Aufgabe des Magneten darin besteht, einen Anker anzuziehen und ihn wieder loszulassen, ist der remanente Magnetismus nicht eher nachtheilig, als bis er so stark wird, dass er nach Unterbrechung des Stromes den Anker nicht mehr loslässt. Dies kommt aber nicht leicht vor, da ja die zur Adjustirung bestimmte Feder dies zu verhindern bestimmt ist. Anders verhält es sich mit dem Magneten des Relais. Die Stromrichtung, welche der die Windungen des Relais durchfliessende Linienstrom hat, kann je nach den Stationen, von denen derselbe kommt, verschieden sein, so dass also zuweilen der Magnetismus

des Relaismagneten umgekehrt wird. Für diesen Fall kann es vorkommen, dass der remanente Magnetismus zu stark ist, als dass der entgegengesetzt wirkende Strom ihn aufzuheben und durch die Magnetisirung im anderen Sinne den Anker anzuziehen vermöchte. Alsdann versagt der Apparat den Dienst. Durch einen Stromwender, Gyrotrop, Commutator, ist dieser Uebelstand leicht gehoben, und daher durchläuft der auf einer Station ankommende Strom, nachdem er das Galvanometer passirt hat, stets einen solchen Apparat, der von dem telegraphirenden Beamten umgelegt wird, wenn das Galvanometer einen ankommenden

Fig. 199.



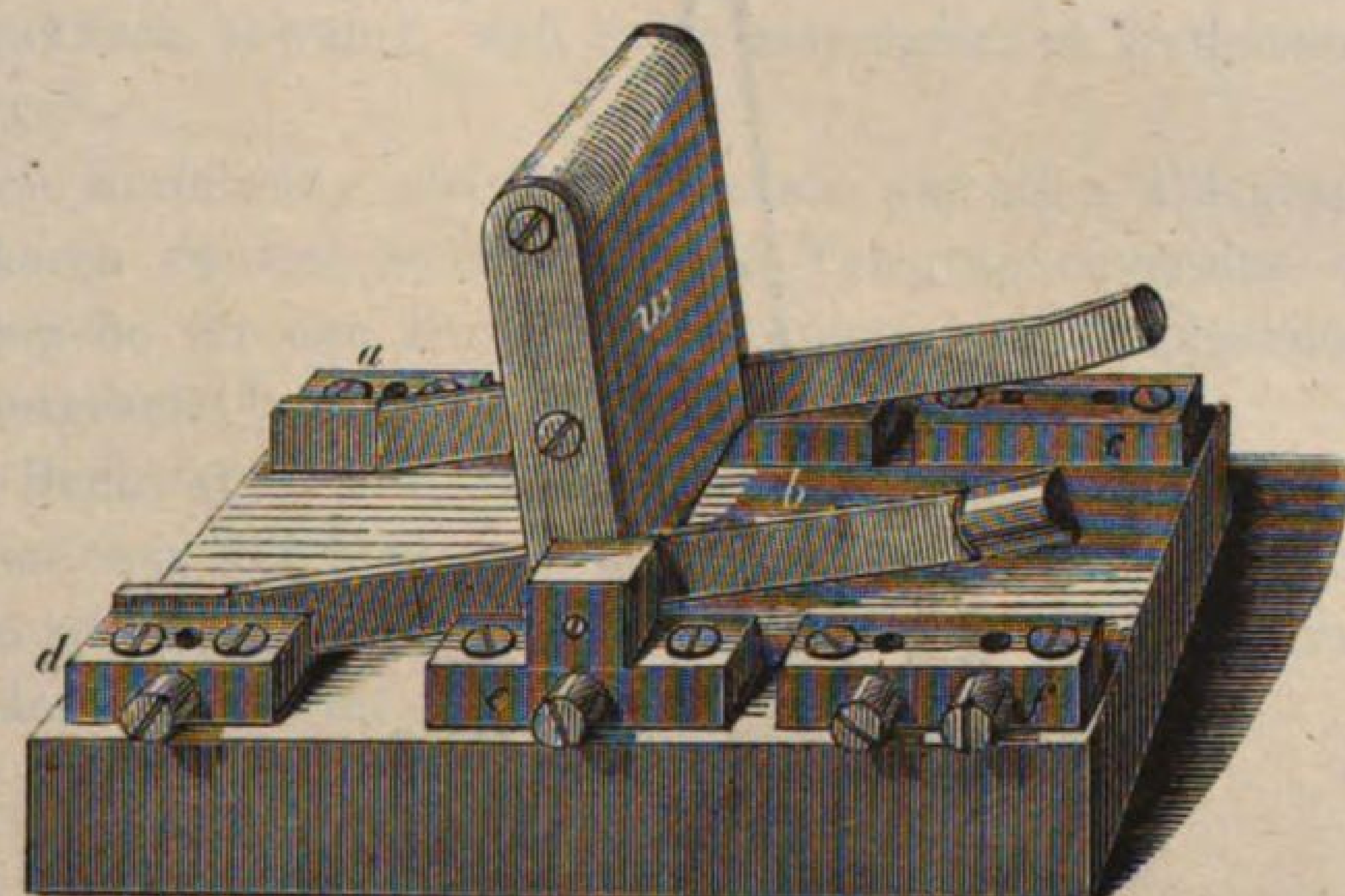
Strom anzeigt, ohne dass der Apparat in Gang kommt. Man sieht hieraus zugleich den Nutzen des Galvanometers, da man ohne dasselbe, wenn das Relais versagt, nicht wissen würde, dass telegraphirt wird.

Nottebohm hat einen Stromwender in Form der später zu besprechenden Umschalter construirt, wie ihn die Fig. 199 darstellt.

Der Apparat besteht im Wesentlichen aus vier Messingplatten, die von einander isolirt sind, und deren jede eine Klemmschraube *a*, *b*, *c*, *d* trägt. Durch zwei dieser Klemmschrauben, die einander gegenüber stehen, wird der Strom zu dem Relais hin und mittelst der beiden anderen von demselben zurück weiter geleitet. Denken wir nun die beiden Schrauben *a* und *b* durch die Enden des Relaisdrahtes verbunden, so dass also dadurch die beiden Schrauben überhaupt leitend verbunden sind, und lassen wir den ankommenden Strom bei *c* und bei *d* wieder

austreten, so steht dem Strome ein zweifacher Weg offen. Setzen wir nämlich die beiden Löcher 3 und 4 mittelst eines Metallstöpsels zu, so sind dadurch die beiden oberen und die beiden unteren Platten leitend mit einander verbunden. Der Strom muss dann von *c* nach *a* durch den Verbindungsdraht in der Richtung des gezeichneten Pfeiles nach *b* und von da über *d* weiter. Setzt man dagegen die beiden Stöpsel statt in 3 und 4 in 1 und 2, so muss der Strom von *c* nach *b* und dann in umgekehrter Richtung als zuvor durch die Leitung nach *a*, von da über 1 nach *d* und weiter. Der Strom tritt also in beiden Fällen bei *c* ein und bei *d* aus, nur geht er durch den Verbindungsdraht von *a* nach *b* also

Fig. 200.



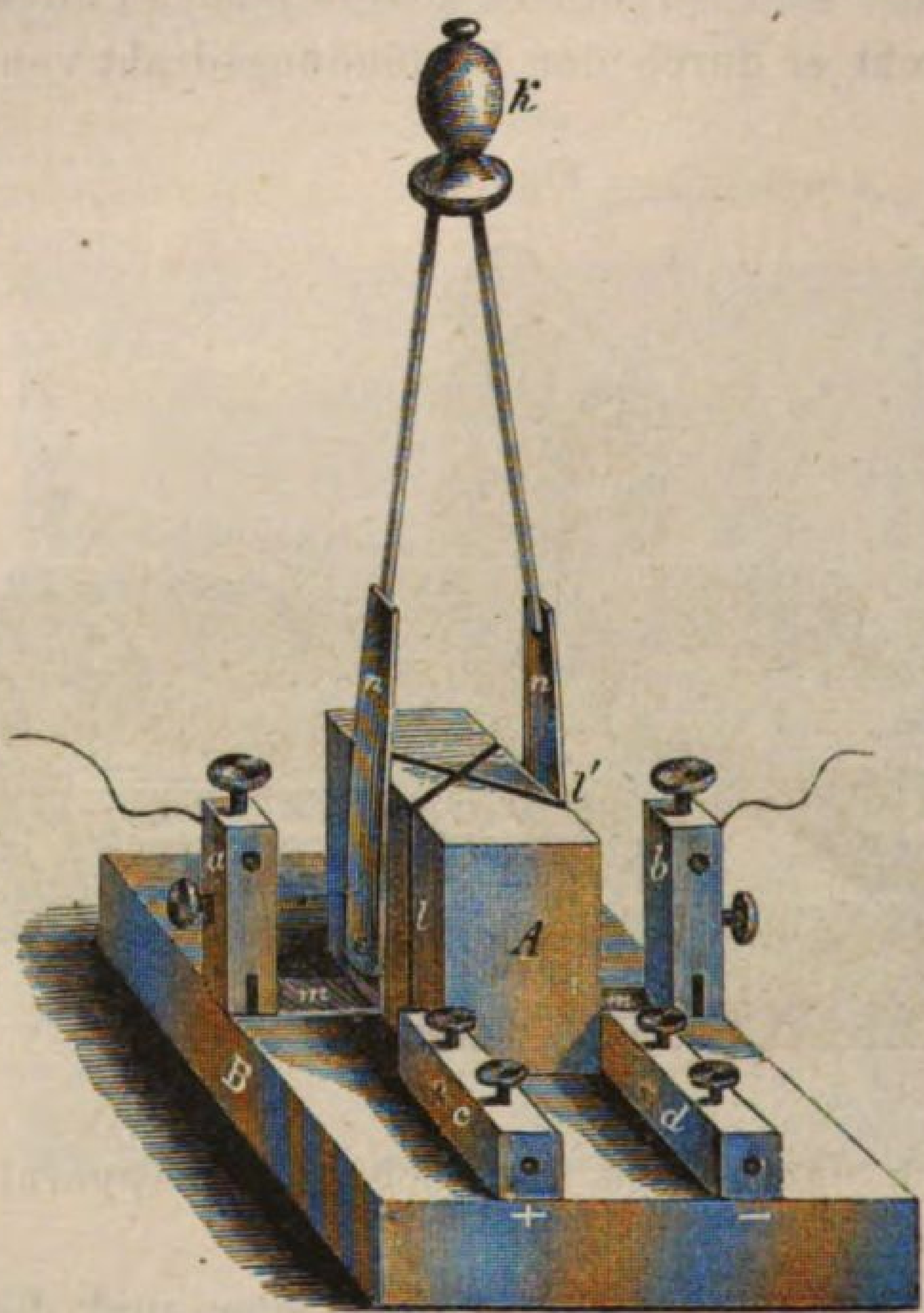
auch durch jeden dazwischen eingeschalteten Apparat in entgegengesetzter Richtung.

Bequemer als diese Art der Stromwender sind die früher schon bekannten, bei denen man nur nöthig hat eine Art Schieber umzulegen, um dann mittelst Reibung von Metalltheilen an einander die Commutation zu bewirken. Ein vielfach in Anwendung befindlicher Stromwender hat die Form der Fig. 200.

Auf einem Brettchen befinden sich 6 von einander getrennte Metallklötzchen *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, von denen *c* und *f* je zwei Stellschrauben, die übrigen je eine besitzen. *a* und *f*, und *d* und *c* sind durch zwei in der Mitte des Brettchens sich kreuzende Kupferdrähte mit einander verbunden, die die Stellschrauben an diesen Klötzchen befestigen. Nach der zweiten Schraube der Theile *c* und *f*, so wie nach den Schrauben der mittleren Stücke *b* und *e* führen von unten her durch das Brett die Leitungen des Stromes. Die an den mittleren Stücken eingelenkte

Wippe *w* besteht aus zwei Metallarmen, welche durch ein Elfenbeinstück zusammengehalten werden, also von einander isolirt sind. Denkt man nun die Wippe so herumgelegt, wie die Fig. zeigt, und der Strom tritt bei *c* ein, so geht er von hier durch den Kupferdraht am unteren Theile der Grundplatte nach *d*, von hier in den eingeklemmten Arm der Wippe nach *e*, dann durch die Leitung, z. B. des Relais, nach *b* zurück, durch

Fig. 201.



den hinteren Arm der Wippe nach *a*, dann durch den Kupferdraht nach *f* etc. Denkt man sich dagegen die Wippe nach rechts herumgelegt, so dass die Arme bei *c* und *f* eingeklemmt werden, so geht nun der bei *c* eintretende Strom durch den Arm nach *b*, dann durch das Relais bei *e* zurück und durch den vorderen Wippenarm nach *f* etc. Man sieht, dass in diesem Falle der Stromweg durch das Relais dem vorher bezeichneten entgegengesetzt ist.

Wenngleich diese Art von Stromwender bequemer ist als der vorngenannte, so ist doch unzweifelhaft der bereits früher von Wettin angegebene mehr zu empfehlen, sowohl weil die Art der Manipulation eine angemessenere, als auch weil die Reibung der dabei in Verbindung zu

bringenden Metalltheile besser herbeigeführt wird. Die Fig. 201 giebt eine perspektivische Zeichnung desselben, aus der seine Einrichtung deutlich ersehen werden kann. Die ausführliche Beschreibung folgt später bei der Beschreibung der elektromagnetischen Maschine, für welche er in Gebrauch befindlich ist[1]).

12. Morse's Schrift. Die Zeichen, welche mittelst des Morse'schen Schreibstiftes auf dem sich bewegenden Papierstreifen hervorgebracht werden können, sind ein Punkt oder ein Strich, je nachdem durch den Schlüssel die Kette nur momentan oder auf etwas längere Zeit geschlossen wird. In dem ursprünglichen Morse'schen Alphabete wurden auch lange und kurze Striche unterschieden, allein dies hat sich nicht praktisch bewährt, weil es zu mannigfachen Irrthümern Veranlassung gab.

Nach Einführung gleicher Apparate auf allen Telegraphenlinien des früheren deutsch-österreichischen Telegraphenvereins wurde die Schriftsprache für den Morse'schen Apparat nach folgenden Grundsätzen festgesetzt[2]).

Die Buchstaben, sowie die Ziffern und Interpunktionszeichen werden aus Variationen der beiden Elemente Punkt und Strich mit Wiederholungen zu verschiedenen Klassen gebildet. Die Anzahl der Variationen mit Wiederholungen für zwei Elemente

zu je einem beträgt nämlich: $2 = 2$
zu je zweien: $2^2 = 4$
zu je dreien: $2^3 = 8$
zu je vieren: $2^4 = 16$

Es beträgt also die Anzahl der Variationen der vier ersten Klassen, in denen jede Variation aus 1 bis 4 Elementen besteht:

$$2 + 2^2 + 2^3 + 2^4 = 30$$

Das Alphabet besteht mit Einschluss der Umlaute ä, ö und ü, des j und des ch aus 30 Buchstaben, und es reichen mithin zur Bildung derselben die Variationen der vier ersten Klassen gerade aus.

Die einfachsten Variationen sind zur Bezeichnung derjenigen Buchstaben angewandt, welche in den Depeschen am häufigsten vorkommen. Hiernach ist das Alphabet folgendes:

[1]) Absch. XI. § 6, No. 3. [2]) Brix Journ. I. p. 100.

Variationen zu je einem	•	= e
	—	= t
Variationen zu je zweien	• •	= i
	• —	= a
	— •	= n
	— —	= m
Variationen zu je dreien	• • •	= s
	• • —	= u
	• — •	= r
	• — —	= w
	— • •	= d
	— — •	= g
	— • —	= k
	— — —	= o
Variationen zu vieren	• • • •	= h
	• • • —	= v
	• • — —	= ü
	• — — —	= j
	— — — —	= ch
	• — — •	= p
	• — • —	= ä
	— • • —	= x
	— — — •	= ö
	— — • •	= z
	— • • •	= b
	— — • —	= q
	— • — •	= c
	• • — •	= f
	• — • •	= l
	— • — —	= y

Zur Bildung der Ziffern und Interpunktionszeichen sind Variationen der höheren Klassen zu wählen. Die Zeichen für die 10 Ziffern sind aus den 32 Variationen der fünften Klasse so ausgewählt,

1. dass die Summe aller Zeichen zur Hälfte aus Strichen und zur Hälfte aus Punkten besteht,

2. dass für die ersten 5 Ziffern die Anzahl der aufeinander folgenden Punkte, dagegen für die folgenden, 6, 7, 8 und 9, die Anzahl der Striche doppelt genommen, mit Hinzurechnung der darauf folgenden Punkte, die Einheiten der betreffenden Ziffern ergeben. Folgerecht ist die Null, als Zehn betrachtet, durch 5 Striche = 5 : 2 Einheiten ausgedrückt. Somit sind die Ziffern durch folgende Zeichen ausgedrückt:

1 = • — — — —
2 = • • — — —
3 = • • • — —
4 = • • • • —
5 = • • • • •
6 = — • • • •
7 = — — • • •
8 = — — — • •
9 = — — — — •
0 = — — — — —

Für die Ziffern sind ausserdem abgekürzte Zeichen im Gebrauch und zwar folgende:

1 = • —
2 = • • —
3 = • • • —
4 = • • • • —
5 = • • • • •
6 = — • • • •
7 = — • • •
8 = — • •
9 = — •
0 = —

Die Anwendung dieser Abkürzungen ist indess nur für die Collation der Depeschen gestattet.

Die Interpunktionszeichen sind aus Variationen der sechsten Klasse gebildet:

Punkt	.	• • • • • •
Semicolon	;	— • — • — •
Komma	,	• — • — • —
Colon	:	— — — • • •
Fragezeichen	?	• • — — • •
Ausrufungszeichen	!	— — • • — —
Bindestriche	-	— • • • • —
Apostroph	'	• — — — — •
Bruchstrich	/	— — — — — —
Klammer	()	— • — — • —
Alinea		• — • — • •
Französisches	é	• • — • •

Für einige im telegraphischen Verkehr oft wiederkehrende Phrasen sind theils einzelne, oder zwei- und dreimal wiederholte Buchstaben, theils Variationen von 5 Elementen, theils von mehr als 6 Elementen gewählt worden. Diese sind:

Staats-Depesche	S	• • •
Bahn-Betriebs-Depesche	B	— • • •
Telegraphen-Amts-Depesche	A	• —
Privat-Depesche	P	• — — •

Dringend	D	— • •
Sehr dringend	DD	— • • — • •
Das Quittungszeichen	RRR	• — • • — • • — •
Warten		• — • • •
Verstanden		• • • — •
Aufruf		— • — • — • —
Schluss		• — • — • — •
Correction		• • • • • • • • • •

Die telegraphische Schrift ist dann deutlich, regelmässig und schön zu nennen, wenn alle Punkte, Striche und gleichnamigen Zwischenräume durchgehends dieselbe vorgeschriebene Länge besitzen. Für die Länge des Punktes als Einheit muss ein Strich dreimal so lang als ein Punkt, und der Zwischenraum der einzelnen Zeichen eines Buchstabens gleich der Länge eines Punktes sein. Jede einen Buchstaben, eine Ziffer oder eine Interpunction bildende Zeichengruppe ist von der anderen durch einen Zwischenraum von der Länge eines Striches zu trennen.

Die Worte müssen durch einen Zwischenraum von wenigstens vier Punkten Länge von einander geschieden sein.

13. Die Geschwindigkeit des Morse'schen Telegraphen [1]). Wir vergleichen hier zunächst die Leistungsfähigkeit des Morse'schen Apparates mit den bis hierher beschriebenen wichtigsten Telegraphen.

Nimmt man an, dass auf eine Depesche 30 Worte oder 150 Zeichen überhaupt gerechnet werden, so befördern die folgenden Telegraphen nachstehende Menge von Depeschen:

			Depeschenzahl in der Stunde.	Zahl der Beamten.
1.	Wheatstone's Nadeltelegraph	eine Nadel	30	2
		Doppelnadel	40	2
2.	Zeigertelegraph		6—8	1
3.	Morse		12—15	1

Es ist klar, dass die gegebenen Zahlen darum nur annähernd sein können, weil verschiedene Beamte mit demselben Apparate Verschiedenes leisten. Die Nadeltelegraphen übertreffen, wie wir sehen, die übrigen bei Weitem an Geschwindigkeit, allein es ist zu beachten, dass dieselben von je zwei Beamten bedient werden [2]), so dass auf jeden also nur 15, respective 20 Depeschen kommen.

[1]) Siehe Abschn. VI. § 5, No. 7. [2]) Siehe diesen Absch. § 1, No. 7.

In Bezug hierauf müssen wir noch auf die später besprochenen Versuche Guillemin's[1]), so wie auf die in neuster Zeit getroffenen mannigfachen Abänderungen und neuen Erfindungen hinweisen, welche später besprochen werden.

§. 2.

Die Stromleitung auf den Stationen bei Anwendung Morse'scher Apparate.

1. **Die Stromleitung auf der Linie.** Da wegen der Länge der Leitung sowie wegen der Nebenschliessungen der Linienstrom um so mehr geschwächt wird, je länger die Linie ist, so leuchtet ein, dass bei einer gegebenen Säule eine Gränze eintritt, bis zu welcher hin man den Strom mit Sicherheit anwenden kann. Die Länge der Strecken, auf die man auf deutschen Telegraphenlinien den Strom einer Säule wirken lässt, übersteigt nicht 50 Meilen. Für diese Entfernungen erweist sich die Anwendung von 50 Elementen als genügend, so dass also im Allgemeinen auf jede Meile ein Element gerechnet wird. Die Stationen zu Anfang und zu Ende einer solchen von einer Batterie beherrschten Linie heissen Endstationen, wogegen die zwischen denselben liegenden Zwischenstationen genannt werden. Als eine dritte Art von Stationen unterscheidet man noch Eckstationen, worunter diejenigen Zwischenstationen verstanden sind, von denen aus mehrere Telegraphenlinien nach verschiedenen Richtungen hin sich abzweigen.

Wenn nun der Linienstrom der Endstationen zu einer jeden der Zwischenstationen gelangt, so wird es dadurch möglich, auf jeder derselben von der Endstation aus mit Hilfe der Lokalbatterie Zeichen zu empfangen, und schliesst eine solche Einrichtung nicht die Möglichkeit aus, dass eine Zwischenstation nach der Endstation hin spricht; allein es ist bei dieser Einrichtung unmöglich, dass zwei Zwischenstationen unter einander correspondiren, ohne dass die Zeichen bis zur Endstation gelangen. Vorausgesetst auf der Linie zwischen Berlin und Hannover wollten die Stationen Magdeburg und Oschersleben mit einander correspondiren, so könnte dies nur dadurch geschehen, dass die sprechende Station ihren Schlüssel herabdrückte und so den Strom der ganzen Linie schlösse, weil ja diese beiden Stationen auf andere Weise keinen Strom erhalten könnten. Es wäre aber unter dieser Bedingung

[1]) Siehe diesen Absch. § 5, No. 7.

nicht möglich, dass während dieser Privatcorrespondenz auf einer Strecke von einigen Meilen die ganze Linie irgend wie anders gebraucht werden könnte.

Um es daher möglich zu machen, dass auch jede Zwischenstation ohne Störung des übrigen Theiles der Linie vermöge der einzigen Linien-Drahtleitung mit jeder anderen Station correspondire, befindet sich auf einer jeden Zwischenstation ausser der Lokalbatterie auch eine Linienbatterie, deren Grösse je nach Bedürfniss verschieden ist. Im Allgemeinen beträgt die Zahl der Elemente auf jeder Station etwa 30, während die Lokalbatterie fast überall aus 6 Elementen besteht.

Behufs der Correspondenz der Zwischenstationen ist die Linienleitung auf jeder Station zur Erde abgeleitet, mithin unterbrochen, und diese Unterbrechung muss aufgehoben werden, wenn der Strom über mehrere Stationen hinweg wirken soll. Bei der Herstellung der Verbindung kann die Absicht des Telegraphirenden entweder die sein, dass der Strom die Apparate der zwischenliegenden Stationen nicht in Bewegung setze, oder dass die auf dem Wege liegenden Stationen die weiter gehenden Depeschen mitlesen. Im ersten Falle darf der Linienstrom das Relais nicht afficiren, während er im anderen Falle durch dasselbe gehen muss. Die erste Art der Leitung durch die Apparate, d. h. die Umgehung des Relais, nennt man die direkte Stellung, die zweite die Circularstellung.

Soll nun aber die Zwischenstation selbst Zeichen geben, so wird von ihr aus der Strom zur Erde abgeleitet, und diese Verbindung heisst die Stationsstellung.

Obgleich nun wie gesagt dies Alles mittelst eines Leitungsdrahtes möglich ist, so sind doch die meisten Stationen durch mehrere Leitungsdrähte mit einander verbunden.

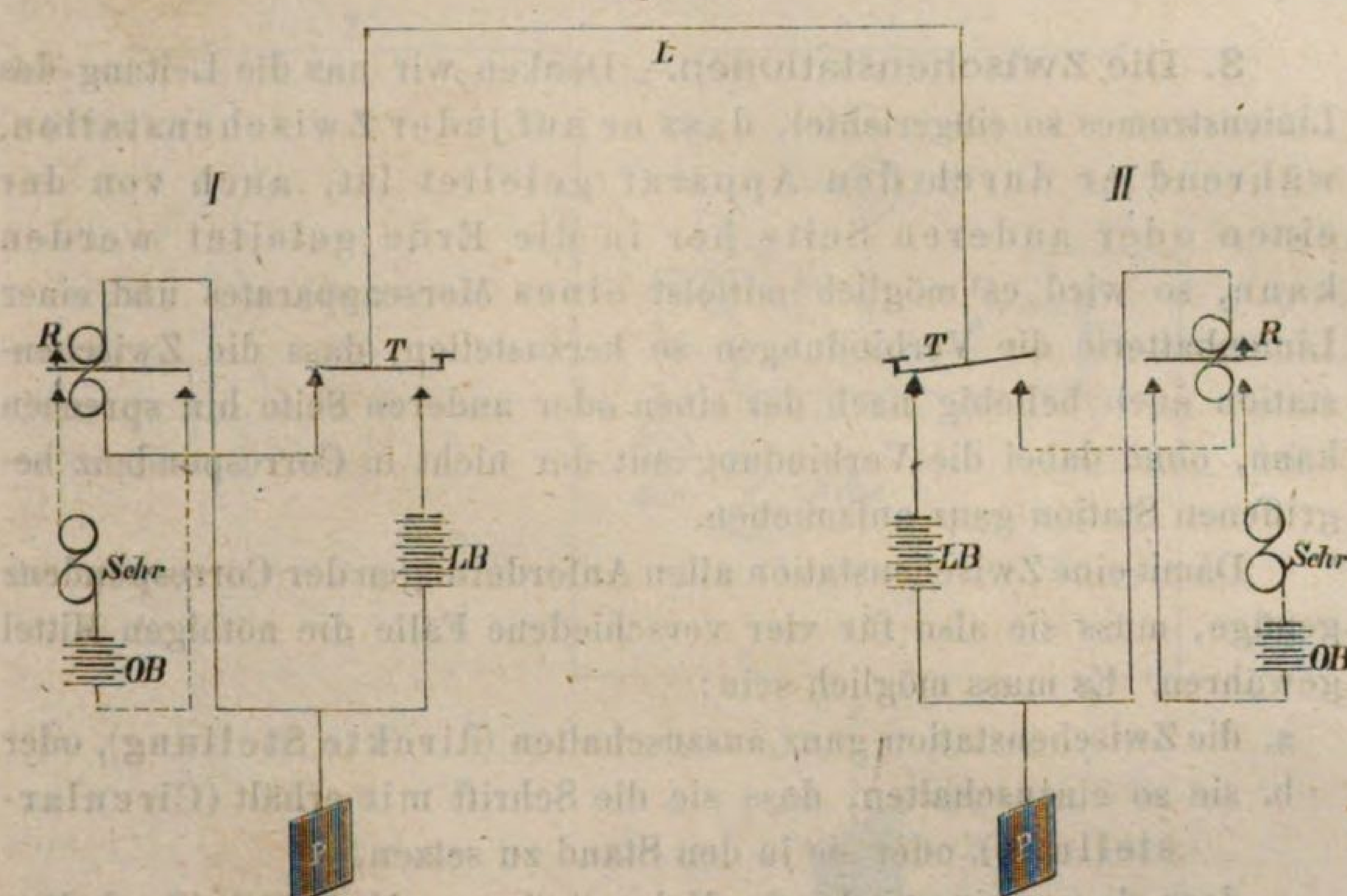
Eine solche Vermehrung der Linienleitungen wird durch die sich steigernde Correspondenz zwischen den Stationen herbeigeführt. Obgleich es nämlich nicht unmöglich ist, so ist es doch nach dem jetzigen Stande der Dinge als unvortheilhaft befunden worden, dass durch ein und denselben Draht gleichzeitig mehrere Depeschen befördert werden, und es ist daher jede Correspondenz unausführbar, wenn bereits der Draht, oder auch nur ein Theil desselben durch eine Depesche in Anspruch genommen ist. Es finden sich also immer da mehrere Leitungen, wo die Anzahl der Depeschen sich in dem Grade gehäuft hat, dass ihre Beförderung auf einem Drahte lange Verzögerungen erleiden würde.

Aus diesen verschiedenartigen Beziehungen der Stationen zu einander erhellt die Aufgabe, die auf denselben befindlichen Apparate so

wie die ankommenden und abgehenden Leitungsdrähte in der jedes Mal geeigneten Weise unter einander zu verbinden. Um diese Verbindungen gehörig klar zu machen, wollen wir mit der einfachsten Art der Verbindungen beginnen, aus der sich dann die Nothwendigkeit anderer Combinationen ergeben wird.

2. Zwei Endstationen. Denken wir uns auf zweien Endstationen *I* und *II* die nothwendigsten Theile eines Morseapparates, eine Linien-

Fig. 202.



batterie, eine Lokalbatterie, einen Taster, einen Schreibapparat und ein Relais vorhanden, so würde die leitende Verbindung der Theile mit der Linienleitung etwa der Art sein müssen, wie sie die Fig. 202 schematisch darstellt.

Bezeichnet *T* den Taster, *R* das Relais, *Schr* den Schreibapparat, *LB* die Linienbatterie und *OB* die Lokalbatterie (Orts-Batterie), so wird durch Fig. 202 die Verbindung zwischen zwei Endstationen dargestellt. Ist auf der Station *II* der Taster niedergedrückt, so bewegt sich der Strom von *LB* über *T* durch *L* nach *I* und geht dort über *T* durch den Elektromagneten des Relais zur Erdplatte *P*. Das Relais schliesst den Strom der Lokalbatterie *OB* auf der Station *I*, und dadurch wird der Schreibapparat auf dieser Station in Bewegung gesetzt.

Man sieht, dass durch das Herabdrücken des Schlüssels die übrigen Apparate der sprechenden Station ganz ausser Verbindung bleiben.

Aus dem Schema sieht man aber auch zugleich, dass mit der bisher angegebenen Verbindung der Leitungen, wenn auf einer der Stationen die Linienbatterie wegfällt, man zwar auf dieser Station Zeichen empfangen, aber keine geben kann. Dies ist aber der Fall auf allen Zwischenstationen, und es fragt sich, ob nicht mittelst Umschaltung der Leitungen Verbindungen hergestellt werden können, welche ein Sprechen dieser Zwischenstationen ohne Anwendung einer neuen Batterie möglich machen.

3. Die Zwischenstationen. Denken wir uns die Leitung des Linienstromes so eingerichtet, dass er auf jeder Zwischenstation, während er durch den Apparat geleitet ist, auch von der einen oder anderen Seite her in die Erde geleitet werden kann, so wird es möglich mittelst eines Morseapparates und einer Linienbatterie die Verbindungen so herzustellen, dass die Zwischenstation auch beliebig nach der einen oder anderen Seite hin sprechen kann, ohne dabei die Verbindung mit der nicht in Correspondenz begriffenen Station ganz aufzuheben.

Damit eine Zwischenstation allen Anforderungen der Correspondenz genüge, muss sie also für vier verschiedene Fälle die nöthigen Mittel gewähren. Es muss möglich sein:

a. die Zwischenstation ganz auszuschalten (direkte Stellung), oder
b. sie so einzuschalten, dass sie die Schrift mit erhält (Circularstellung), oder sie in den Stand zu setzen,
c. dass sie von einer jeden der Nebenstationen allein Schrift erhalten kann, (Stationsstellung), wobei sie denn auch
d. zu der entsprechenden Nebenstation sprechen kann.

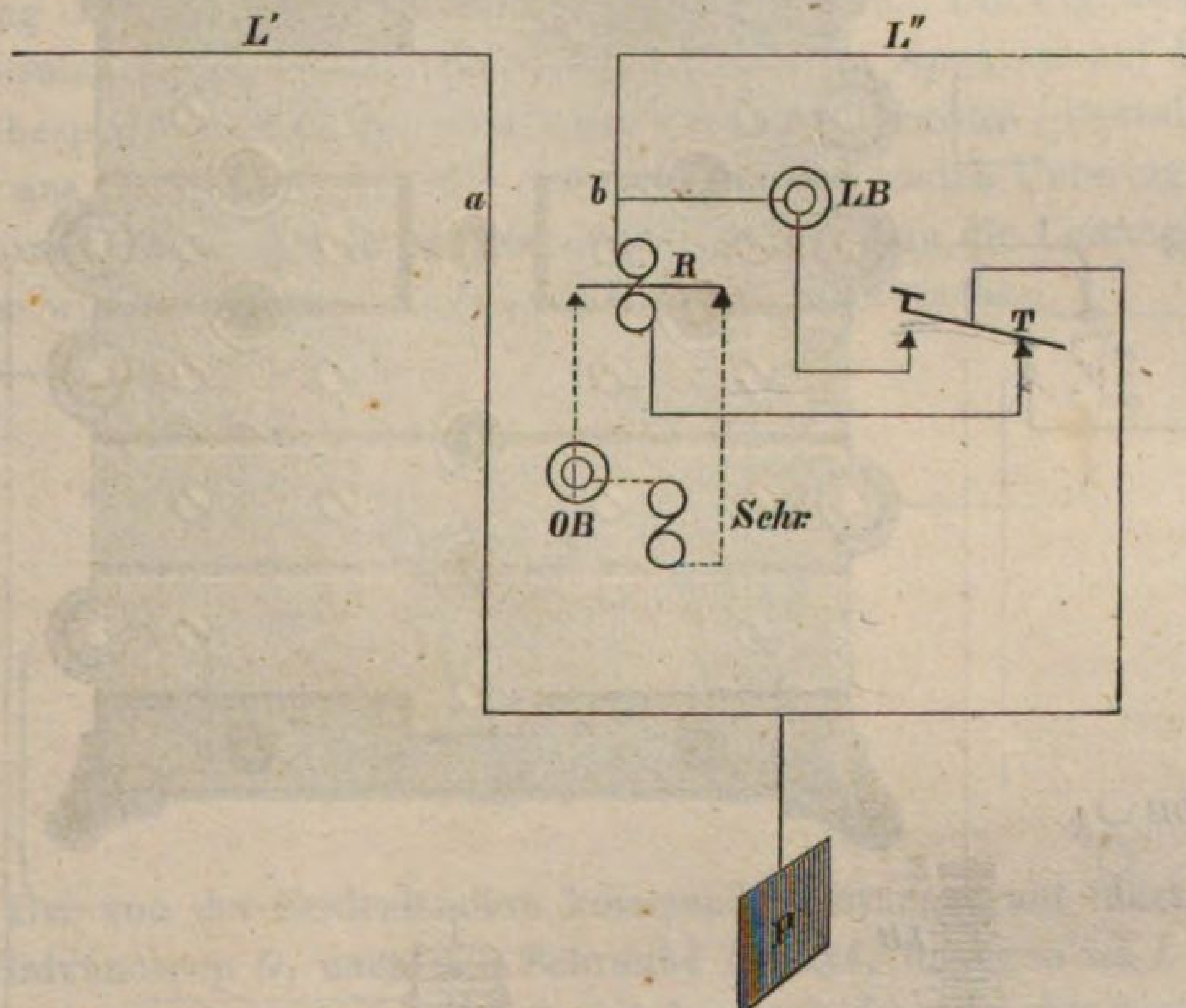
Stellt die Fig. 203 die Drahtverbindung einer Zwischenstation schematisch dar, so dass L' und L'' die beiden Linienleitungen von der linken und rechten Seite, LB die Linienbatterie und OB die Ortsbatterie bedeuten, die übrigen Theile aber die Bedeutung, wie bei den früheren Figuren haben, so giebt dieselbe eine Anschauung, wie den oben genannten Anforderungen genügt werden kann.

a. Direkt-Stellung. Oeffnet man die Verbindung von L' mit der Erdplatte P und verbindet dafür mit L'' so, dass der Strom nicht durch R geht, also etwa zwischen a und b, so ist dadurch dem ersten Falle genügt, der Apparat der Zwischenstation ist ganz aus der Verbindung ausgeschlossen.

b. Circularstellung. Oeffnet man die Verbindung von *L'* mit der Erdplatte *P* und verbindet dagegen *L''* mit *L''* etwa in dem Punkte *T*, so geht der Strom durch das Relais der Station auf *L''* weiter. Das Relais schliesst dann die Lokalbatterie, und der Telegraph erhält die Depesche mit, welche in dieser Weise durch alle Zwischenstationen bis zur Endstation gesandt werden kann.

c. Stations-Stellung. Findet ferner eine Verbindung statt, wie die Fig. 203 unmittelbar zeigt, so ist die Zwischenstation im Stande auf

Fig. 203.

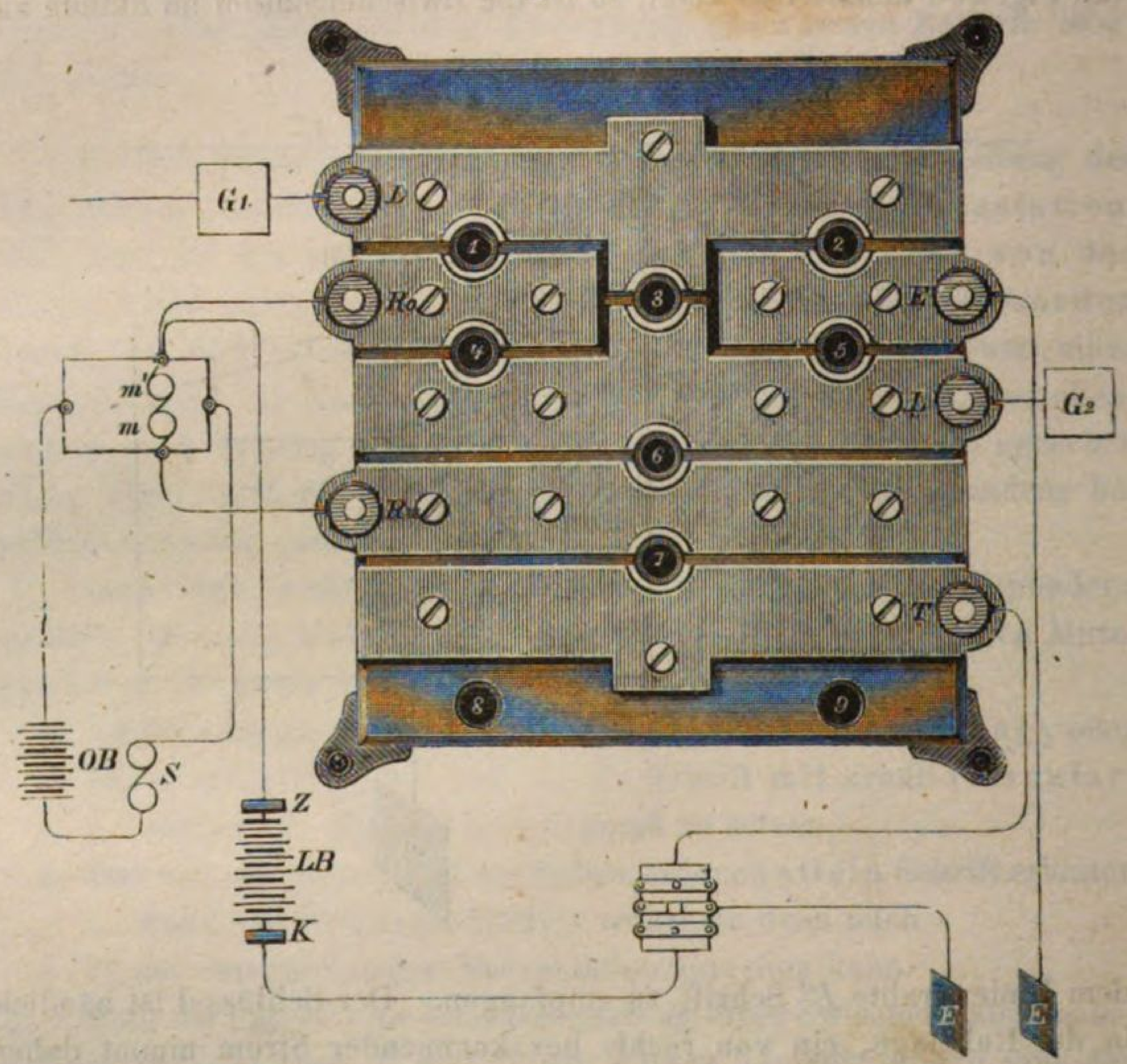


dem Liniendrahte *L''* Schrift zu empfangen. Der Schlüssel ist nämlich in der Ruhelage, ein von rechts her kommender Strom nimmt daher seinen Lauf über *b* durch *R*, und über *T* nach der Erde *P*. Der Strom schliesst also in diesem Falle mittelst des Relais die Lokalbatterie, und der Apparat erhält Schrift.

d. Drückt man dagegen den Schlüssel *T* herab, so ist der Strom der Linienbatterie *LB*, die bisher immer ausgeschlossen war, mittelst der Leitung bei *b* geschlossen und geht dann so einerseits über *T* nach *P* zur Erde, und andererseits durch *L''*. Alsdann ist *R* ausgeschlossen, die Zwischenstation giebt Schrift nach der rechts liegenden Station. Man sieht ein, dass dieselbe Verbindung mit *L'* hergestellt werden kann, so dass dann nach links hin gesprochen wird.

4. Der Umschalter von Nottebohm. Es erfordert die Aufmerksamkeit eines Sachkundigen, die nöthigen Verbindungen ohne Fehler herzustellen, wenn dieselben in der Weise gemacht werden sollen, wie es wohl bei einem gewöhnlichen Experiment geschieht, nämlich mittelst Klemmschrauben und besponnener Kupferdrähte. Abgesehen hiervon bietet auch die Technik bei dieser Art der Verbindungen mancherlei

Fig. 204.



Schwierigkeiten dar, welche eine andere Art der Umschaltung der Drahtleitungen wünschenswerth machen. „Die dünnen Verbindungsdrähte", sagt Nottebohm[1]), „sind nur zu leicht der Beschädigung ausgesetzt, und der Contakt zwischen Metallklemmen und Draht ist höchst unvollkommen und hört ganz auf, wenn die Holzunterlage, auf der dieselben angeschraubt sind, zusammentrocknet, weil alsdann die in das Holz eingedrückte Spirale von der Fläche der Metallklemme abgehoben wird,

[1]) Brix Journal I, pag. 78.

ohne dass dies äusserlich bemerkt werden kann. Manche Sörungen im Betriebe sind eine Folge dieses mangelhaften Contakts. Ebenso unvollkommen und unzuverlässig ist die Verbindung der Klemme mit dem anderen Drahtende mittelst der Pressschraube. Aehnliche Uebelstände führen die sogenannten Kurbel-Umschalter mit sich, bei denen die Verbindung der Leitungsdrähte durch Kurbel und Feder bewerkstelligt wird."

Es sind daher von Nottebohm Vorrichtungen hergestellt worden, welche den Namen der Umschalter führen, und durch die es möglich wird, sämmtliche Umschaltungen der Leitungsverbindung mittelst Umsetzung eines oder weniger Stöpsel herbeizuführen. Die Fig. 204 stellt einen solchen Umschalter vor, welcher früher für Apparate auf den soeben besprochenen Zwischenstationen verwendet wurde. Derselbe besteht aus sechs Schienen, die auf einer nichtleitenden Unterlage festgeschraubt sind. An diesen Umschalter werden nun die Leitungen der Linien wie der Apparate in folgender Weise angebracht.

Fig. 205.



Der von der Centralstation kommende Leitungsdraht führt durch ein Galvanoscop G_1 nach der Schraube L links, dagegen ist L rechts durch ein zweites Galvanoscop G_2 mit der nach der nächsten Station auf der anderen Seite führenden Leitung verbunden. Bei den Schrauben *Ro* (Relais oben!) und *Ru* (Relais unten!) sind die Leitungen von dem Relais her befestigt. Die Schraube E hält die Leitung zur Erde, und T die eine Leitung zum Schlüssel.

Auf diese Weise sind alle Leitungen fest und unveränderlich, und die Umschaltung geschah bei diesem Apparate mit drei Stöpseln von der Form Fig. 205.

Sollten nun die Verbindungen der vier vorn aufgeführten Fälle hergestellt werden, so war nach einander in folgender Weise zu verbinden:

1. **Direkte Stellung.** Nur ein Stöpsel in No. 3. Der bei L links eintretende Strom geht durch No. 3 nach L rechts und so in die fort-

gesetzte Leitung. Es sind nur die beiden Galvanoscope mit in der Leitung, welche erkennen lassen, ob gesprochen wird oder nicht. Zu Ende der Correspondenz schliessen beide correspondirenden Stationen ihre Säulen eine Minute lang, so dass die Galvanoscope während dieser ganzen Zeit stark abgelenkt stehen bleiben, und die Zwischenstation erkennt, dass die Correspondenz beendet ist.

2. **Circularstellung.** Zwei Stöpsel, No. 1 und 6 geschlossen. Der bei *L* links eintretende Linienstrom geht durch No. 1 nach dem Relais über *Ru*, No. 6 und *L* rechts weiter nach der Station rechts. Der Apparat empfängt so bei Durchgangsdepeschen Schrift.

3. **Stationsstellung nach links.** Drei Stöpsel, in No. 1, 5 und 7. Der bei *L* links eintretende Linienstrom geht über den Stöpsel 1 nach *Ro*, dann durch die Windungen des Relaiselektromagneten nach *Ru*, über 7 nach *T*, dem Schlüssel und in die Erdleitung. Der Strom der Linienleitung von rechts geht in *L* rechts und über 5 nach *E* zur Erde. In diesem Falle empfängt der Apparat Schrift. Wird bei derselben Verbindung der Taster herabgedrückt, so wird die Linienbatterie *LB* geschlossen, und die Leitung am Schlüssel bei *O* ist offen. Alsdann kann der Strom nicht durch das Relais gehen, sondern es geht ein Strom von *K* durch den Schlüssel zur Erde und von *Z* nach *Ro*, No. 1, *L* links, auf der Linie links zur nächsten Station. Die Zwischenstation spricht.

4. **Stationsstellung nach rechts.** Drei Stöpsel, in No. 2, 4 und 7. Der von rechts kommende Linienstrom geht nach *L* rechts über No. 4 nach dem Relais und über *Ru*, No. 7, *T* nach dem Schlüssel und zur Erde. Der Strom von *L* links her geht über den Stöpsel 2 und *E* zur Erdleitung. In diesem Falle empfängt die Station Schrift von rechts. Beim Niederdrücken des Schlüssels spricht die Station in der oben genannten Weise mit der Station nach rechts hin.

5. **Der Umschalter von Borggreve für Zwischenstationen mit zwei Morse-Apparaten**[1]. Bei dem bisher beschriebenen Umschalter von Nottebohm war es möglich durch unrichtige Combinationen Störungen in Bezug auf den Betrieb hervorzubringen, und sogar eine Verständigung unmöglich zu machen. Diese Möglichkeit war bei Anwendung nur eines Morseapparates nicht zu entfernen, für

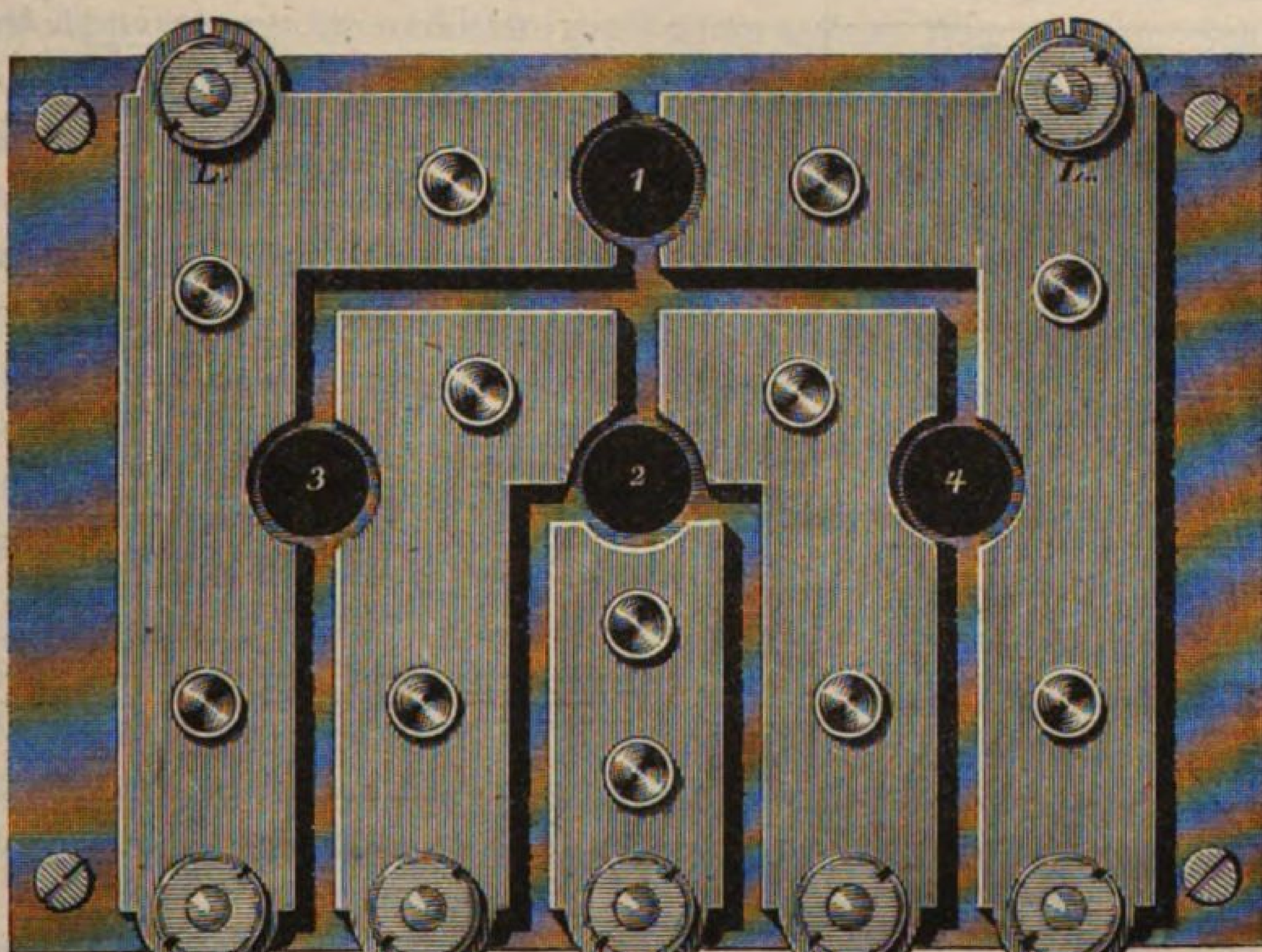
[1]) Brix Journal II, pag. 177.

diejenigen Stationen jedoch, welche mit zwei Apparaten versehen sind, um gleichzeitig nach beiden Seiten hin correspondiren zu können, hat Borggreve einen Umschalter in Anwendung gebracht, der die unrichtigen und incorrigiblen Verbindungen gänzlich ausschliesst. Die Fig. 206 stellt einen solchen Umschalter in natürlicher Grösse dar.

Aus der Art, wie dieser Apparat mit den übrigen Apparaten der Station verbunden ist, geht hervor, auf wie einfachem Wege die Ver-

Umschalter Nr. 6^a.

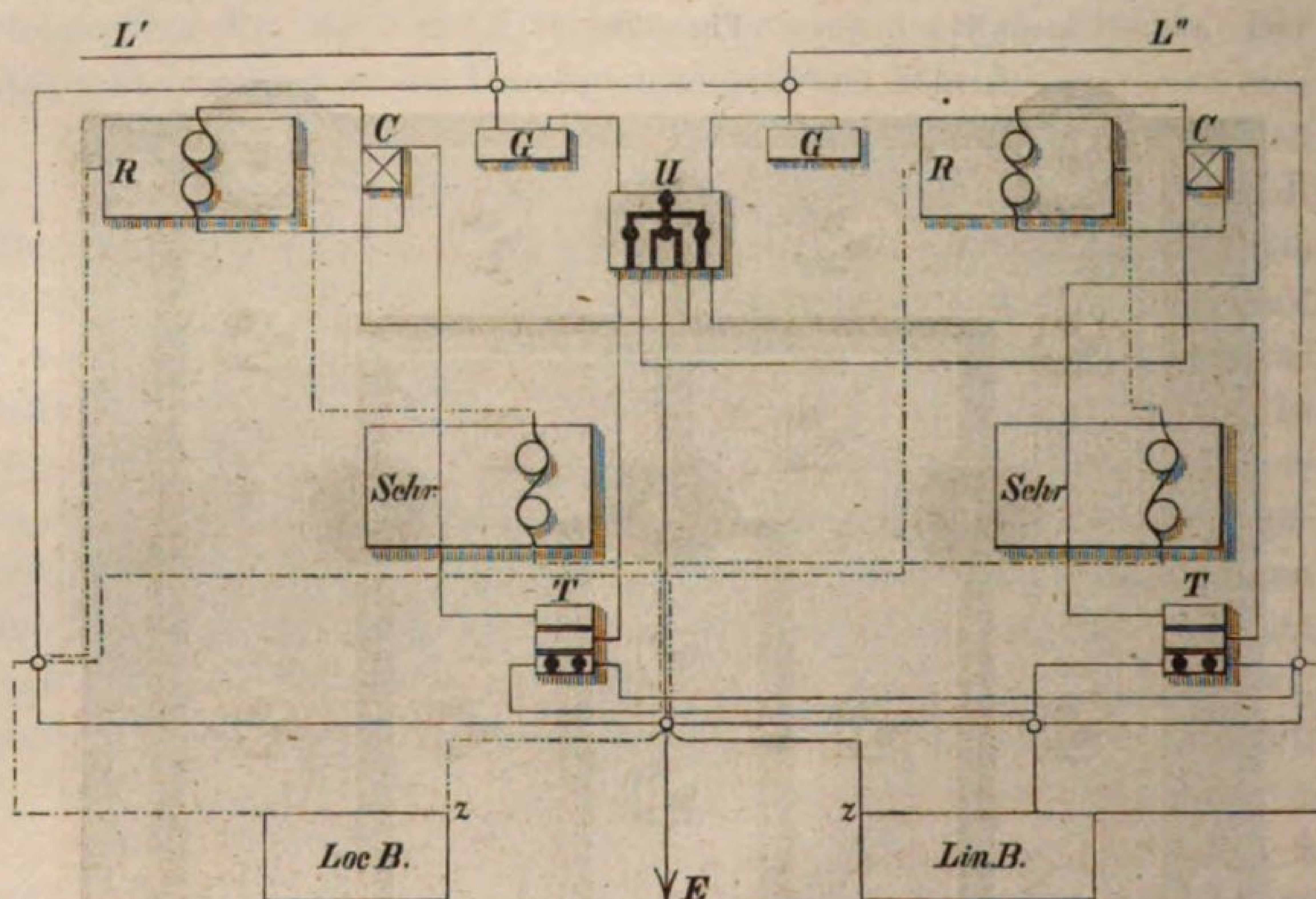
Fig. 206.



bindung in der erforderlichen Weise herzustellen ist. Die Fig. 207 giebt eine solche Verbindung der beiden Apparate der Zwischenstation mit dem Borggreve'schen Umschalter. Die Buchstaben haben die frühere Bedeutung, *C* rechts und links stellen die beiden Stromwender dar, mittelst deren der Strom in der einen oder entgegengesetzten Richtung durch das Relais geleitet werden kann, *U* bedeutet den Umschalter, dessen Löcher wir mit den Ziffern der vorigen Figur bezeichnet denken. Die punktirten Linien bedeuten die Verbindung mit der Lokalbatterie. Der ganze Apparat erfordert zu allen nöthigen Umschaltungen nur einen Stöpsel. Befindet sich derselbe in dem Loche No. 1, so kann der Strom, wenn er etwa durch den Liniendraht *L'* kommt, sogleich nach *L''* gehen; allein es steht ihm auch der Weg durch den Taster nach dem

Commutator und dem Relais und von diesem zurück nach der anderen Schiene des Umschalters offen. Von hier muss er dann durch den anderen Apparat mit Relais, Taster und Commutator wieder nach dem Umschalter zurück und gelangt so ebenfalls in die andere Linienleitung, wohin der direkte Weg über den Contaktconus auch führt. Da nun aber nach dem Gesetz der Stromverzweigung[1]) die Mengen der zwei verschiedene Arme eines Leiters durchfliessenden Elektricitäten, bei gleichem

Fig. 207.



Querschnitt beider Arme, der Länge der Arme proportional sind, so kann die Intensität des Stromes, der den weiten Weg nimmt, gegen die auf dem direkten Wege nur verschwindend klein sein. Sie wird also nicht im Stande sein einen Grad von Magnetismus in dem Relais hervorzurufen, der den Hebel desselben in Bewegung setzt, d. h. dieser schwache Zweigstrom wird keinen merkbaren Einfluss auf die Apparate ausüben. Andererseits geht aber durch diese Abzweigung von der Stromesintensität, die sich von L' nach L'' fortsetzt, nicht nur nichts verloren, sondern es wird sogar ein geringes gewonnen, was jedoch ebenfalls unmerklich ist.

[1]) Siehe Abschn. I, § 4, No. 11.

Befindet sich nun andererseits der Stöpsel in dem Loch No. 2, so geht nun ein z. B. von links her kommender Strom nach dem Taster, von da zum Relais und dann über 2 zur Erde, wobei ihm freilich auch wieder der weitere Weg durch den anderen Apparat und dann zur folgenden Station offen steht, was aber keinen nachtheiligen Einfluss übt.

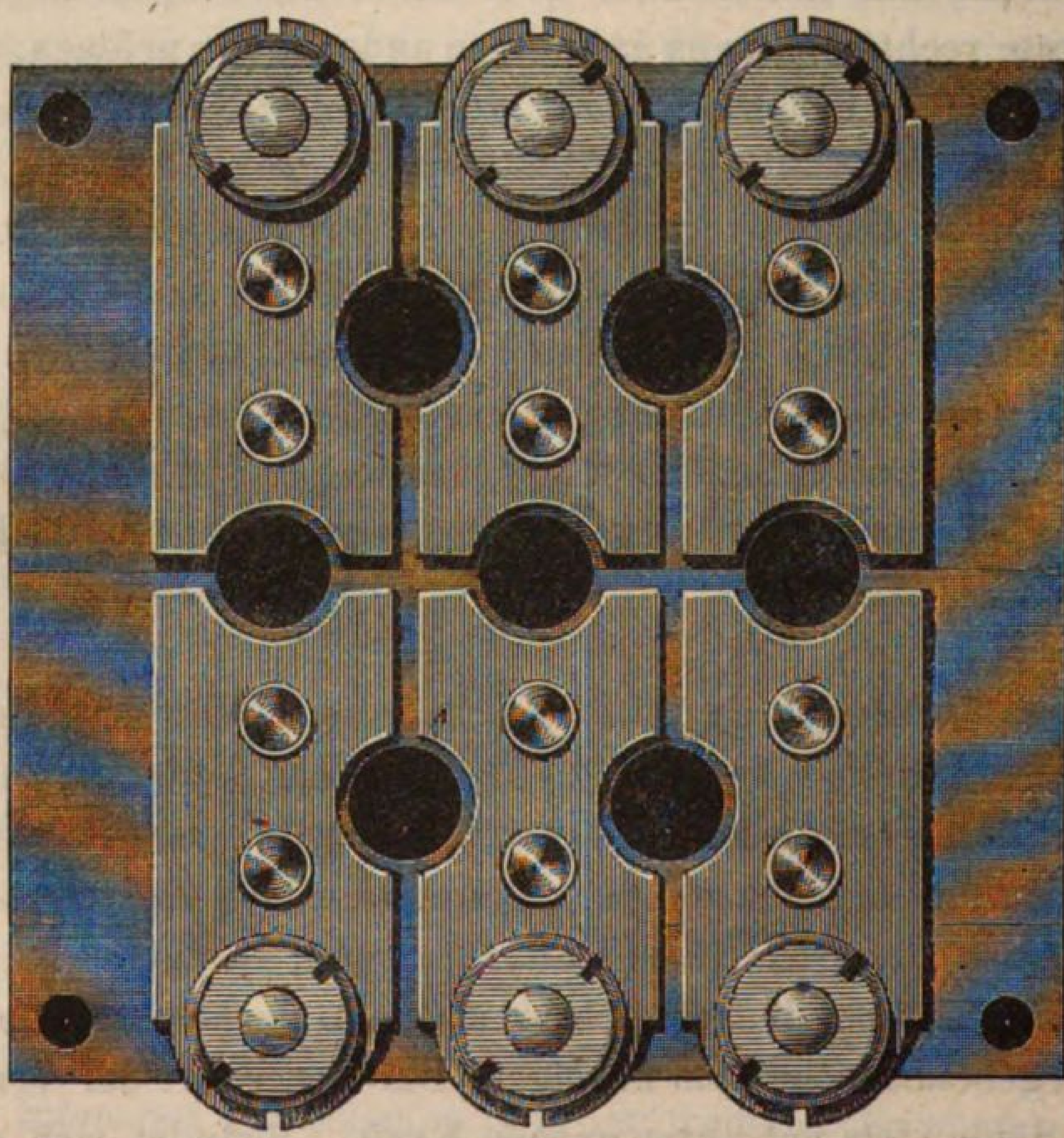
Die Stöpselstellungen auf No. 3 oder 4 setzen die abwechselnden Apparate der Wirkung des durchgehenden Stromes aus und entsprechen also der Circularstellung. In diesem Falle wird dem Strome nicht wie in den vorhergehenden Fällen ein doppelter Weg geboten, sondern der von links kommende Linienstrom geht durch den Stöpsel über 3 nach dem Apparate rechts und kann gar keinen andern Weg nehmen. Schliesslich kann man noch bemerken, dass, wollte man gleichzeitig das zweite Relais in die Circularstellung durch Stöpselung von 4 bringen, dies nur den Zweck haben könnte, eine von der andern Station her kommende Nachricht gleichzeitig aufzunehmen. Da jedoch der von der einen Seite kommende Strom durch den andern Liniendraht weitergehen soll, so leuchtet ein, dass eine Verbindung dieser Art nutzlos wäre, wenn nicht vom Gegensprechen die Rede sein soll, das wegen der Widerstände und aus anderen Ursachen nicht rathsam, für jetzt wenigstens nicht in Anwendung ist.

6. Die Theilung der Linienbatterie. Von den End- oder Uebertragungsstationen aus hat die Batterie am weitesten zu wirken, man wendet daher auf diesen Stationen, wie bereits bemerkt, gewöhnlich eine Batterie von 50 Elementen an, während auf den Zwischenstationen im Allgemeinen die Batterie aus 30 Elementen besteht. Die Linienbatterie wurde anfangs in der Weise mit den Apparaten verbunden, wie die vorn gegebenen Schemata anzeigen. Bei dieser Art der Verbindung wirkte die Säule stets mit ihrer ganzen Kraft. Befindet sich also nun auf irgend einer Linie die Zwischenstation näher an der einen als an der anderen Endstation, so wird der Strom nach der nächsten Endstation stärker sein als nach der ferner liegenden, und zwar wird die Stromdifferenz um so grösser sein, je grösser die Differenz der genannten Abstände ist. Um diese Differenz möglichst auszugleichen, um den Strom nach beiden Seiten hin möglichst gleich zu machen, hat man nun später die Linienbatterien auf den Zwischenstationen getheilt, so dass nach beiden Seiten hin ein etwa gleich starker Strom gehen muss. Es leuchtet ein, dass also bei jedem Wechsel zwischen diesen beiden Richtungen am Apparat eine Umschaltung vorgenommen werden musste. Zu diesem Zwecke war die Schiene des Tasters, auf welchem der Ambos

sich befindet, in drei von einander isolirte Abtheilungen getheilt und mit zwei Löchern versehen, welche durch Stöpselung je nach Bedürfniss geschlossen wurden. Hierdurch wurde dann entweder die eine oder andere Seite, die kleinere oder grössere Hälfte der Batterie mit der Leitung verbunden. Diese beiden Löcher finden sich in der Fig. 207 an der Tasterschiene verzeichnet, und zugleich giebt das Schema die

Umschalter Nr. 7.

Fig. 208.



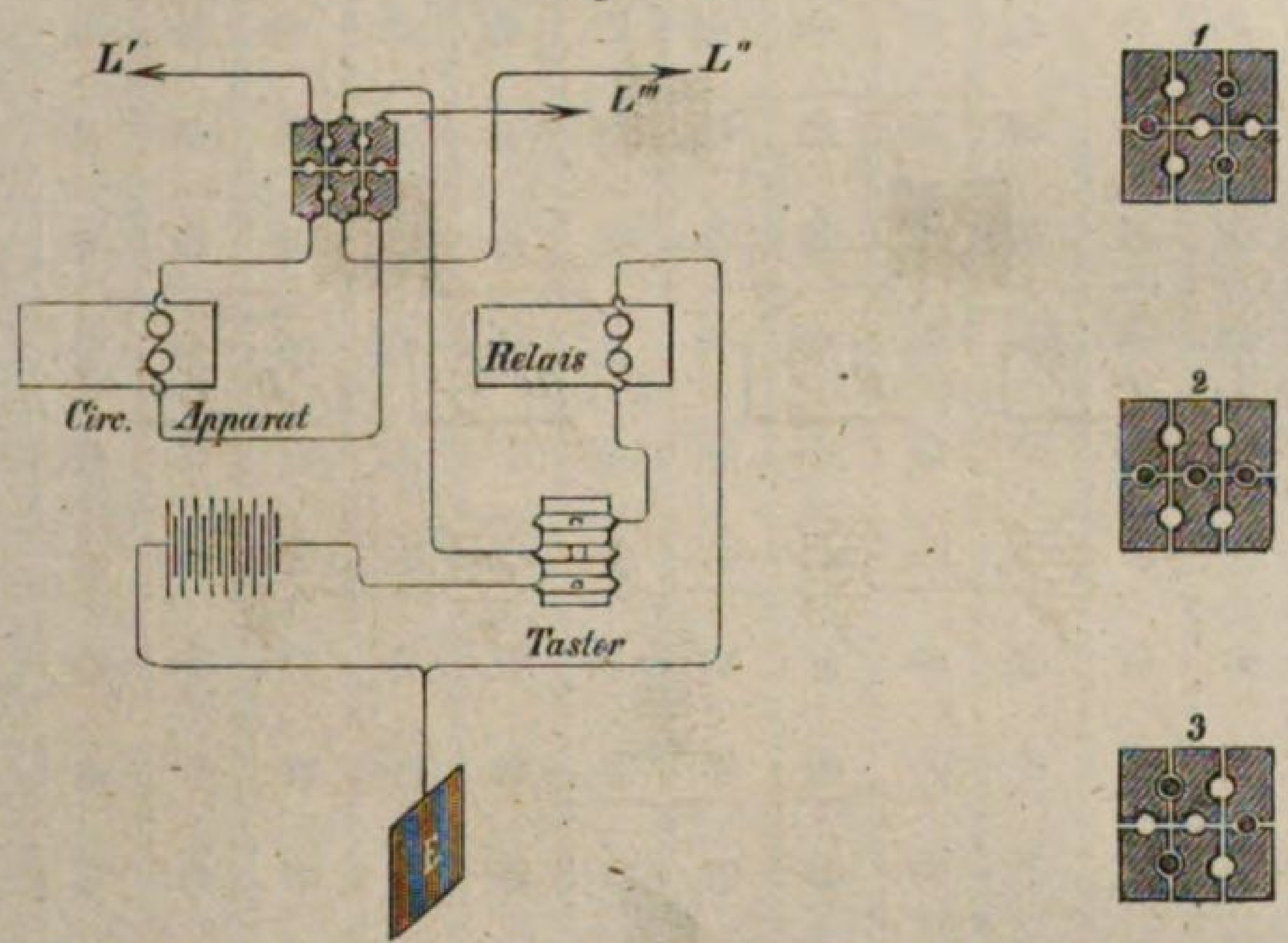
Verbindungen an, mittelst deren die ungleichen Theile der Batterie nach dem Taster geleitet werden.

Durch die Anwendung der Farbschreiber ist in Folge der leichteren Regulirbarkeit derselben diese Anordnung überflüssig geworden. Es ist also gegenwärtig an der vorderen Schiene eines jeden Schlüssels nur eine Batterie angelegt, und es besteht daher nach der Anordnung der General-Direction die vordere Schiene des Schlüssels auch nur aus einem Stück.

7. Linienumschalter für Stationen mit drei oder vier Leitungen von Nottebohm und von Borggreve. Vereinigen

sich auf einer Station mehrere Telegraphenlinien, so wird es nothwendig Umschalter anzuwenden, die je zwei dieser Leitungen zur Circularstellung verbinden und ausserdem den anderen die ungehinderte Communication mit ihren Nachbarstationen gestatten. Zu diesem Zwecke hat Nottebohm Umschalter hergestellt [1]), welche aus zwei Systemen paralleler Schienen bestehen, die sich rechtwinklig kreuzen ohne sich zu berühren. Je zwei sich kreuzender Schienen können immer mittelst eines Metallconus unter einander leitend verbunden werden und verbinden dann die entsprechenden Linienleitungen, welche sowohl vom

Fig. 209.



Galvanometer, als von den übrigen Apparaten nach den Enden dieser Schienen und zur Erde geführt sind. Borggreve hat diesen Umschalter für drei und vier Linienleitungen sehr vereinfacht [2]). Fig. 208 stellt einen solchen Umschalter dar, derselbe wird jetzt mit Nr. 7 bezeichnet. Für drei Leitungen L', L'', L''' werden folgende Combinationen nöthig:

1. L' mit L'' circular, L''' mit dem Schreibapparat
2. L' mit L''' „ L'' „ „ „
3. L'' mit L''' „ L' „ „ „

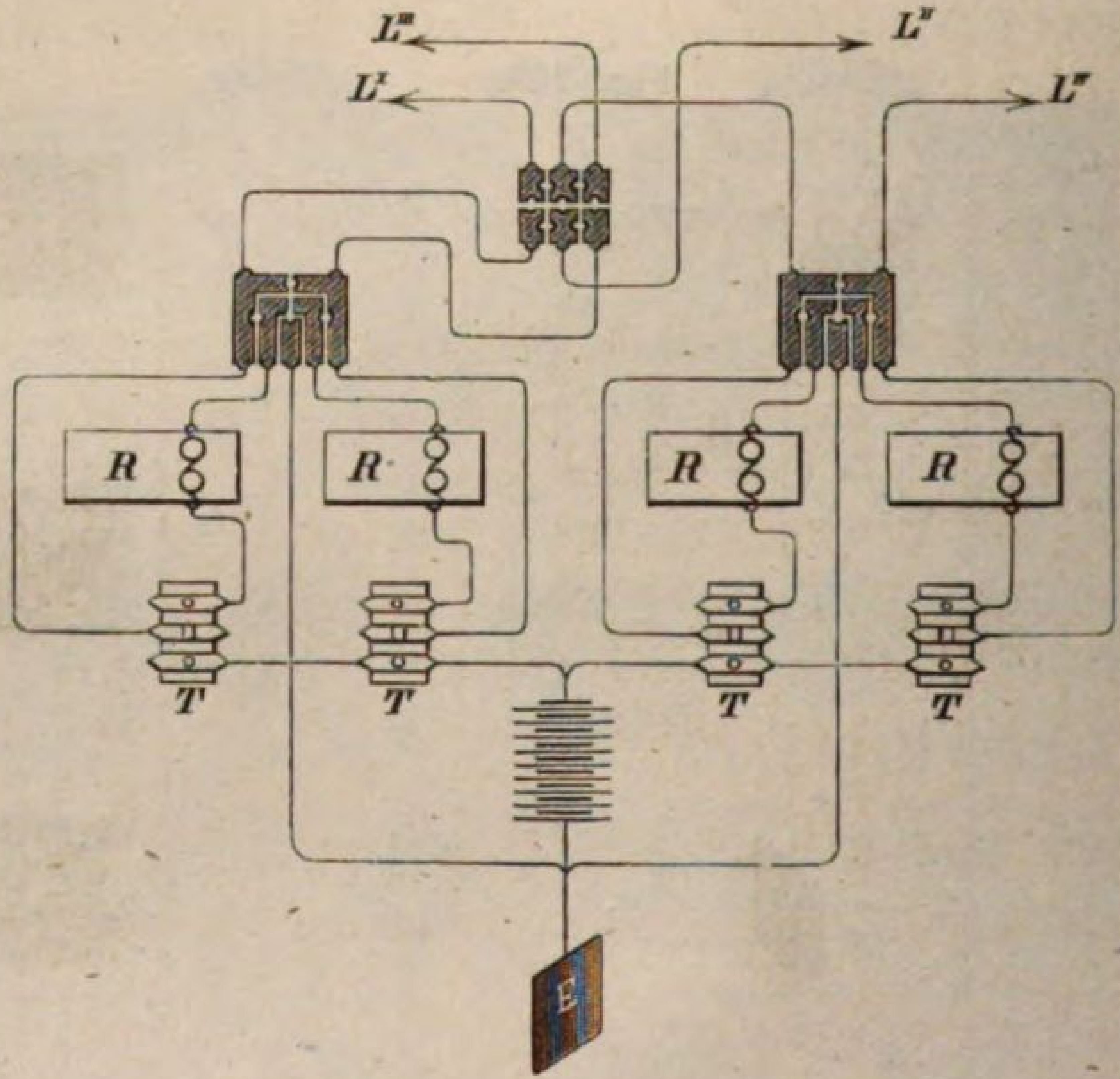
Verbindet man die Leitungen der Apparate und der auf der Station ankommenden Linienleitungen mit dem Umschalter in der Weise wie die Fig. 209 zeigt, so können die eben genannten Umschaltungen mittelst Versetzung dreier Stöpsel hergestellt werden. Die unter 1, 2 und 3

[1]) Brix Journ. I, p. 78. [2]) Brix Journ. II, p. 217.

bezeichneten Stellungen der Stöpsel entsprechen den oben genannten drei Fällen der Verbindung, wie aus der Verfolgung der Leitung leicht erhellt.

Für vier Leitungen liefert die Figur 210 die nöthige Veranschaulichung der Verbindungen, in ihr ist der oben Circularapparat genannte Verbindungsapparat durch den Umschalter für Zwischenstationen ersetzt. In dem hier angegebenen Schema sind vier Apparate in Anwendung

Fig. 210.



gebracht, deren je zwei immer durch den früher beschriebenen Umschalter verbunden sind. Die erforderlichen Combinationen:

1. L^{I} mit L^{II}, L^{III} mit L^{IV}
2. L^{I} mit L^{III}, L^{II} mit L^{IV}
3. L^{II} mit L^{III}, L^{I} mit L^{IV}

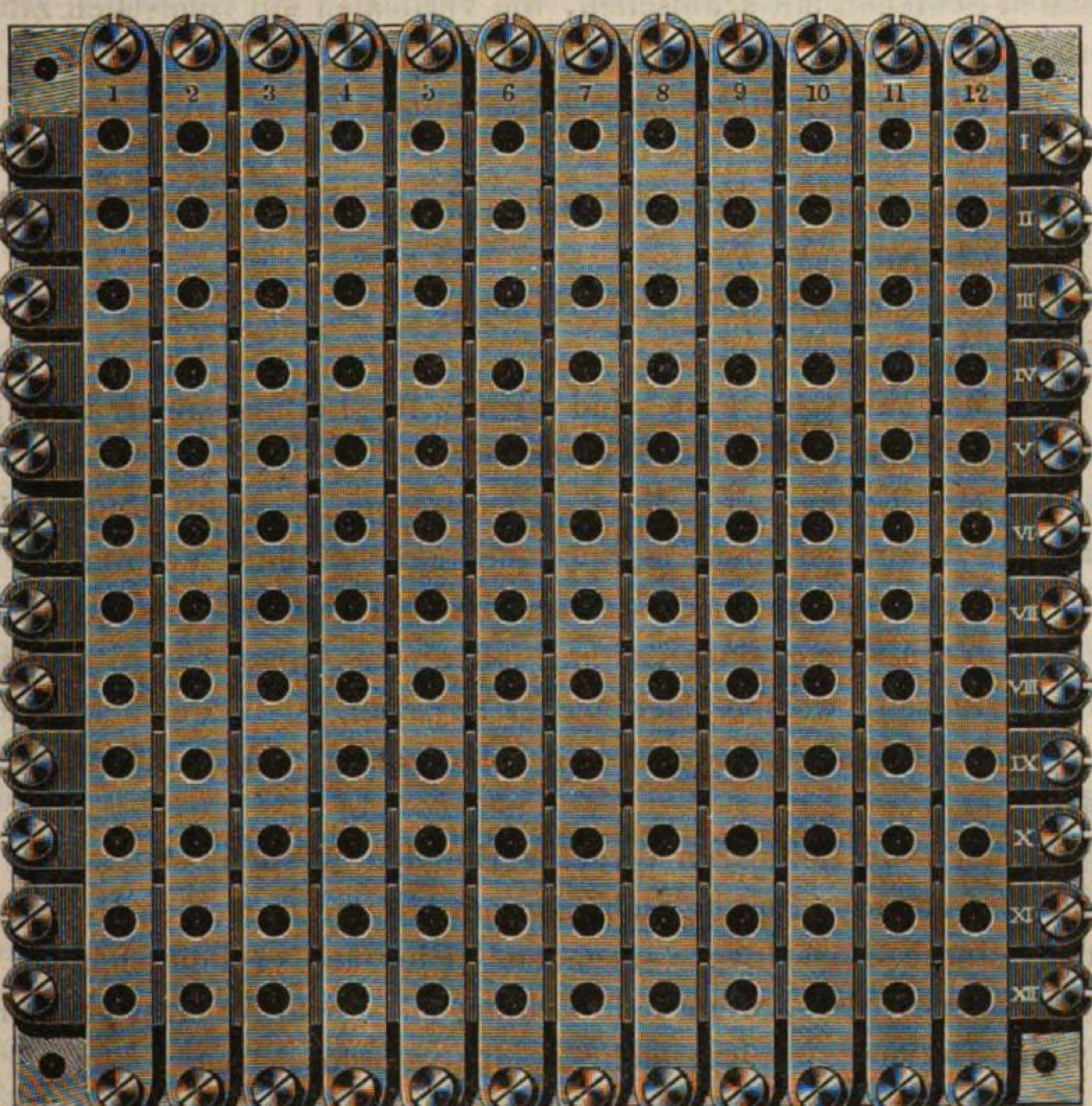
werden durch dieselbe Gruppirung der Stöpsel wie oben hergestellt.

8. Die Gewitterstellung. Wegen der für die Apparate schädlichen Entladungen bei einem Gewitter wurden früher solche Schliessungen mit dem Umschalter hergestellt, dass sämmtliche Apparate ausgeschaltet waren, und beide Leitungen direkt zur Erde führten. Mittelst des vorn beschriebenen Borggreve'schen Umschalters für Zwischenstationen (Stationsumschalters) geschieht dies einfach dadurch, dass unter An-

wendung beider Stöpsel für die Taster gleichzeitig die drei Löcher, 2, 3 und 4 geschlossen werden. Alsdann ist der kürzeste Weg für die auf den Linienleitungen ankommenden Ströme der zur Erde, und die Apparate bleiben verschont.

Gegenwärtig trifft man indess solche Vorkehrungen nicht mehr, sondern verlässt sich auf den Schutz des für jede Leitung eingeschalteten Blitzableiters.

Fig. 211.



9. Der Linienumschalter. Auf denjenigen Stationen, in welche eine grössere Anzahl von Leitungen mündet, werden zur Verbindung der Leitungen untereinander sogenannte Linienumschalter verwendet. Dieselben haben nach Anordnung der General-Direction gegenwärtig die Einrichtung welche die Fig. 211 zeigt.

Auf einem oblongen Grundbrett befinden sich parallel mit den horizontalen, wie mit den verticalen Seiten desselben je zwölf durch Zwischenräume von einander isolirte Schienen, welche an ihren

Kreuzungspunkten durchbohrt sind, so dass mittelst eines Stöpsels die obere Schiene mit der untern verbunden werden kann. Während an den vertikalen Schienen die Leitungsdrähte befestigt sind, führen von den horizontalen Schienen Drähte zu den Apparattischen.

Dieser Linienumschalter ist gewöhnlich pultartig geneigt aufgestellt. Die unterste horizontale Schiene wird mit der Erdleitung verbunden.

Die Schienen sind der Reihe nach von 1 bis 12 numerirt, die horizontalen Schienen mit arabischen, die verticalen mit römischen Ziffern. Vermittelst dieser Einrichtung wird es möglich

1. zwei Leitungen direct ohne Einschaltung eines Apparates mit einander verbinden,
2. jede eingeführte Leitung mit jedem einzelnen Apparat in Verbindung zu bringen,
3. jede Leitung mit Erde zu verbinden,
4. jede Leitung zu isoliren.

Die beiden letzten Fälle sind wichtig für Leitungsuntersuchungen, welche von einer andern Station aus angestellt werden sollen.

Um eine Leitung zu isoliren, hat man nur den Stöpsel aus der betreffenden Leitungsschiene herauszunehmen. Behufs Verbindung mit Erde wird das unterste Loch der senkrechten Schienen gestöpselt.

Zur Verbindung einer Leitung mit einem Apparat wird dasjenige Loch gestöpselt, welches sich an der Kreuzungsstelle der betreffenden senkrechten Leitungsschiene mit der horizontalen Apparatschiene befindet.

Sollen zwei Leitungen direct verbunden werden, so werden die beiden betreffenden Leitungsschienen mit ein und derselben Horizontalschiene durch Stöpselung verbunden. Hiernach ergiebt sich als allgemeine Regel, dass, wenn jede Leitung mit einem Apparat verbunden ist, keine Horizontalschiene mehr als einen Stöpsel tragen darf.

Da, wie bereits erwähnt, die unterste Schiene Erdschiene ist, so genügt ein solcher Linienumschalter nur für 11 Apparate und Leitungen. Sind mehr Leitungen vorhanden, so wird ein zweiter resp. dritter gleicher Umschalter mit dem ersten in geeigneter Weise verbunden aufgestellt.

10. Die Uebertragung. Wir haben bereits erwähnt, dass man eine jede Linienbatterie immer nur auf bestimmte Strecken wirken lässt, und dass diese Strecken von einer Endstation zur anderen gewöhnlich nicht 50 Meilen übersteigen.

Setzt sich nun von einer Endstation die Leitung fort, so bildet

natürlich diese Station gleichzeitig die Endstation der anderen Linie, und es kommt nun darauf an, die auf der Endstation von der einen Seite herkommende Depesche nach der andern Seite weiter zu befördern. Dies kann mittelst Umtelegraphiren durch einen Beamten geschehen, der auf der einen Seite die Depesche in Emfang nimmt und sie dann auf die neue Linie vermöge des Schlüssels und einer neuen Linienbatterie weiter sendet. Abgesehen davon, dass auf diese Art viel Zeit verloren geht, denn je 50 Meilen würden immer denselben Aufenthalt wie auf der Anfangsstation verursachen, kommen auch dadurch leichter Fehler vor, da ja die Aufmerksamkeit des Beamten leichter als die Praecision des Apparates gestört wird. Es lag daher nahe diese Uebertragung von einer Linie auf die andere nicht von Beamten, sondern von den Apparaten selbst durch gehörige Verbindung derselben vornehmen zu lassen. Zu diesem Zwecke kam es darauf an, dass auf den sogenannten Uebertragungsstationen die Bewegung des Relais oder Schreibhebels des die Depesche empfangenden Apparates auf das Relais oder den Schreibhebel der neuen Linie übertragen wurde.

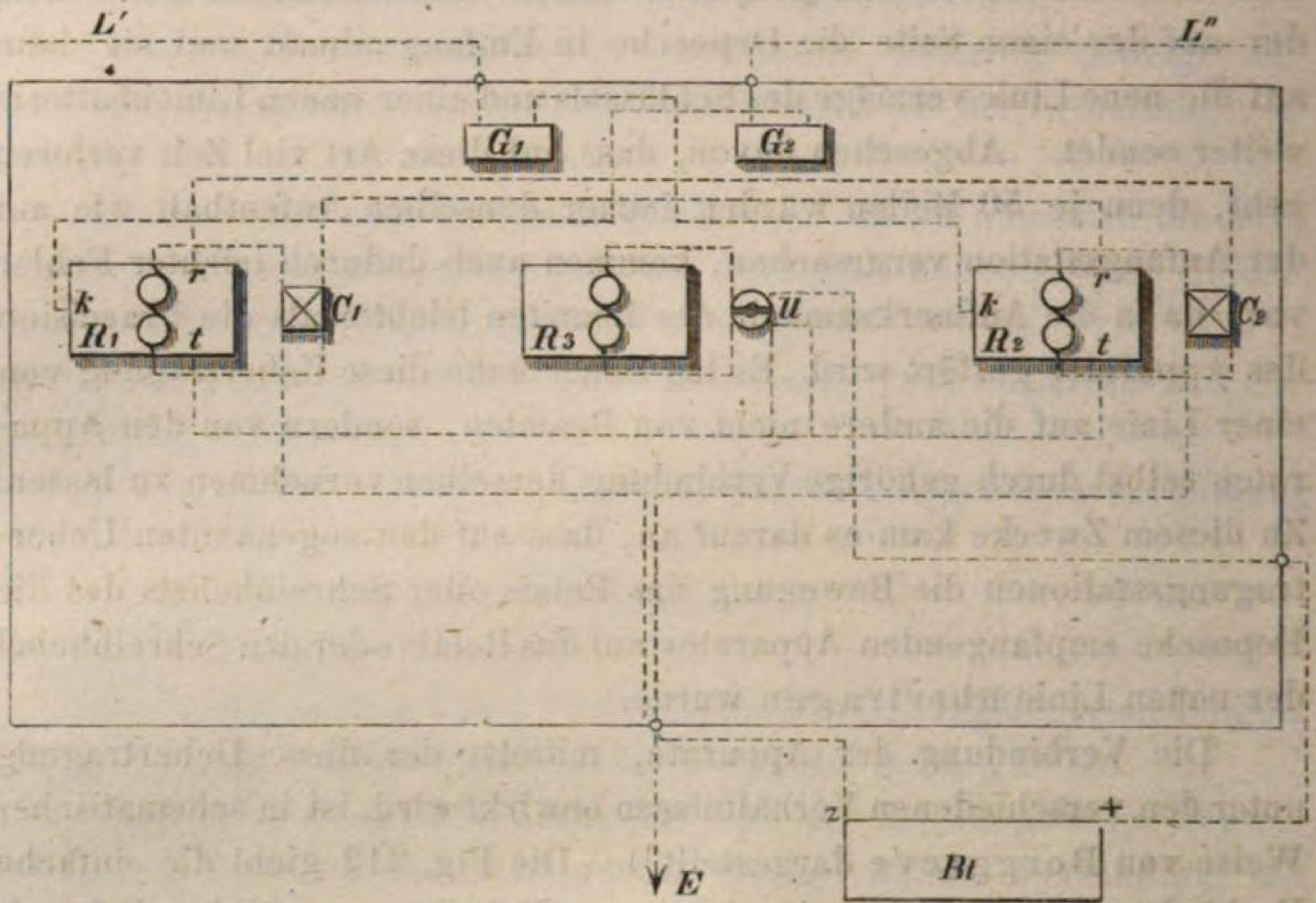
Die Verbindung der Apparate, mittelst der diese Uebertragung unter den verschiedenen Verhältnissen bewirkt wird, ist in schematischer Weise von Borggreve dargestellt[1]). Die Fig. 212 giebt die einfache Verbindung der Apparate, welche zum Uebertragen nöthig sind, mit Weglassung aller übrigen Leitungen des Morseapparates, der Lokalbatterien und dergl. Eine genauere Betrachtung dieser Figur zeigt eine Verschiedenheit in der Verbindung mit dem Relais im Vergleich mit den früheren Leitungen. Während nämlich in den früheren Figuren bei *a* Fig. 213 der Linienstrom eintrat und nach Magnetisirung des Relaismagneten wieder bei *b* austrat, wodurch dann die leitende Verbindung zwischen *c* und *d* hergestellt und so die Lokalbatterie geschlossen wurde, sind die Uebertragungsrelais in Fig. 212 anders gezeichnet. Wir finden daselbst die drei Buchstaben *k*, *r*, *t* und hiermit soll angedeutet werden, dass der nach dem Relais geleitete Strom einen andern Weg nimmt als für den Fall, wo er zum Schlusse des Lokalstromes dient.

Ein zum Uebertragen dienendes Relais ist nämlich in der Weise mit dem Linienstrome leitend verbunden, dass derselbe in der einen Richtung durch den Hebel und in Folge einer anderen Verbindung durch die Windungen des Magneten geht. *k* bedeutet die Stelle, an der der Strom in den Hebel geleitet wird, *r* und *t* bedeuten die beiden Contaktschrauben, gegen die der Hebel einerseits durch die Feder *F* Fig. 195

[1]) Brix Journal II, pag. 145.

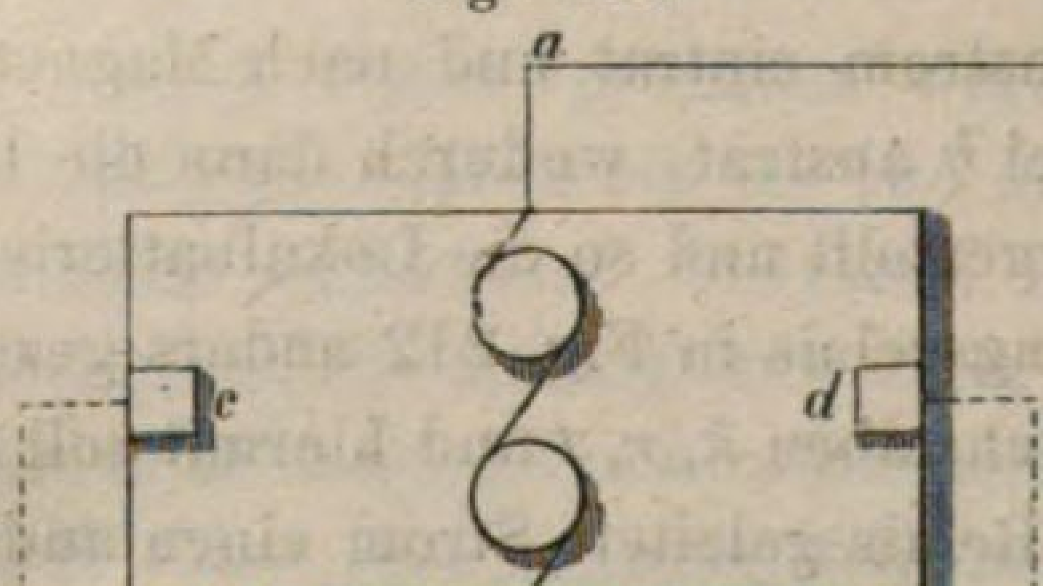
im Ruhezustande, andererseits durch den angezogenen Anker gedrückt wird. Es bedeutet somit *r* Ruhe- und *t* Telegraphirstellung. Der Linien-

Fig. 212.



strom nimmt also in der Ruhestellung seinen Weg durch das Uebertragungsrelais, über *k* durch den Hebel nach *r* dagegen, wenn der Hebel

Fig. 213.



durch den Magneten angezogen ist, über *k* durch den Hebel nach der Schraube *t* u. s. w.

Denken wir nun in Figur 212 einen Strom durch L' ankommend, so nimmt derselbe seinen Weg durch das Galvanometer G_1 nach dem *k* des Uebertragungsrelais R_2, geht durch den Hebel nach *r*, dem Ruhecontakt, und so durch dessen Ableitung nach C_1 und durch die Win-

dungen des Relais R_1. Dieses linke Relais wird also afficirt und sein Hebel bewegt sich nach dem Contakt *t*. Hierdurch wird die Linienbatterie *Bt* geschlossen. Der positive Strom geht von dem Kupferpole aus nach dem mit *U* bezeichneten einfachen Umschalter und durchläuft den mit R_3 bezeichneten Morse. Von hier geht der Strom aus dem Umschalter wieder heraus und kann beim Austritt von den beiden hier vorhandenen Wegen nur den nach dem Relais R_1 passiren, da der andere bei R_2 in *t* nicht geschlossen ist. R_1 verlässt er bei *k* und geht der Zeichnung gemäss durch G_2 in die Linie L''.

Wir sehen also hier durch den auf L' ankommenden Strom mittelst dieser Relaiseinrichtung bei R_1 eine neue Linienbatterie geschlossen, welche den Strom, nachdem sie einen Morse hat bewegen lassen, auf der anderen Linie weitersendet und so auf den ferneren Stationen die Zeichen giebt. Der negative Strom der neuen Linienbatterie geht zur Erde.

Verfolgen wir den Lauf eines auf der Linie L'' ankommenden Stromes, so finden wir, dass derselbe, ohne dass irgend eine Umschaltung vorzunehmen ist, zuerst nach R_1 geht, dann R_2 afficirt und so einen Strom durch L' weiter befördert.

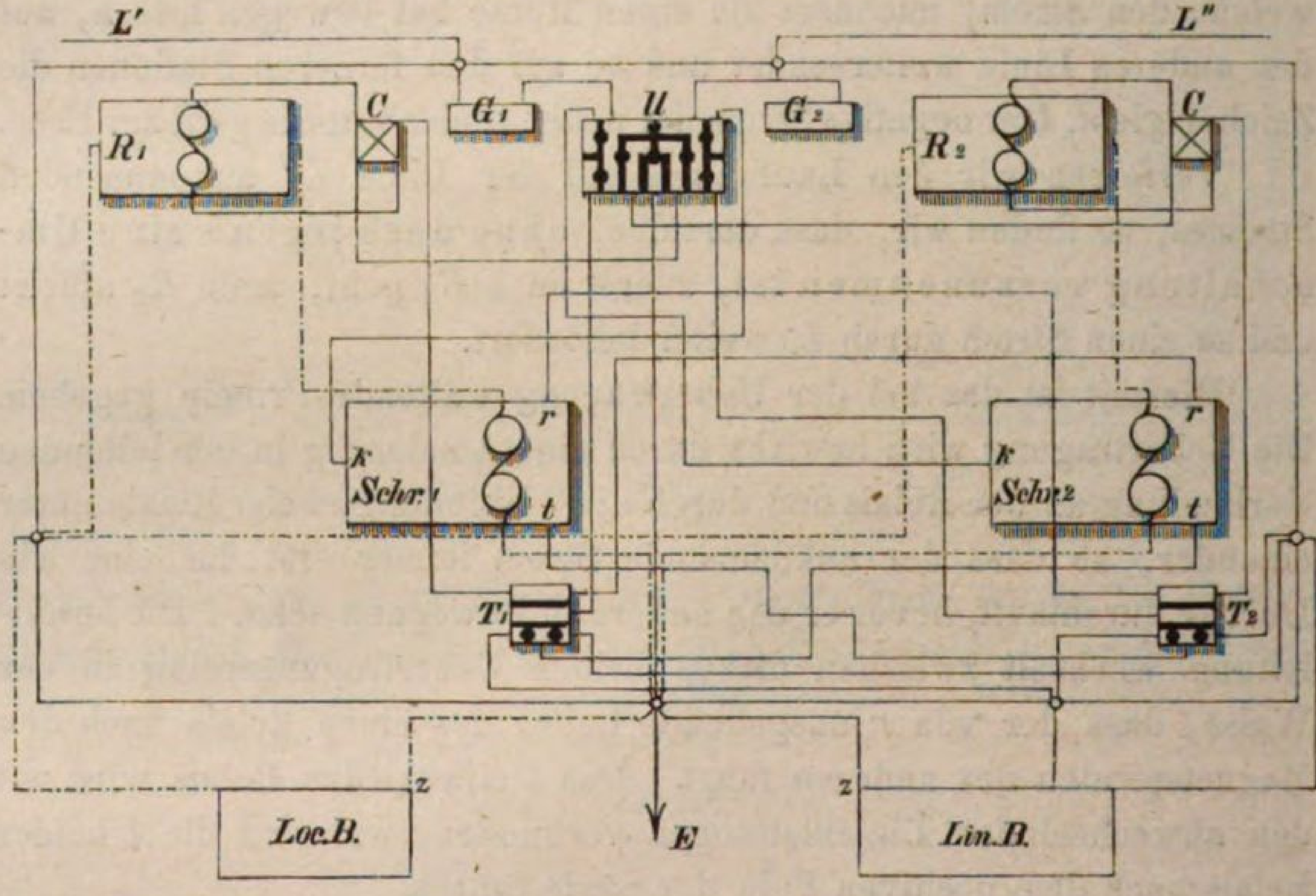
Hiermit ist das bei der Uebertragung waltende Princip gegeben. Die Uebertragung wird bewirkt durch eine Aenderung in der leitenden Verbindung an den Relais und durch die Verbindung zweier Relais unter einander, so dass der ankommende Strom immer erst das eine als Leiter durchläuft, bevor er das andere in Bewegung setzt. Die Drahtleitung wechselt zwischen diesen beiden Uebertragungsrelais in der Weise, dass der von *r* ausgehende Leiter des einen Relais nach den Magnetspiralen des anderen führt. Das *k* eines jeden Relais wird mit den abwechselnden Linienleitungen verbunden, während die *t* beider Relais nach dem positiven Pole der Säule führen.

Der Apparat R_3, welcher als Controlapparat dient, kann mittelst des einfachen Umschalters durch Stöpselung des einen Loches ausgeschaltet werden.

11. **Vollständige Stromleitung auf einer Uebertragungsstation mit Relais.** Es leuchtet ein, dass auf den Uebertragungsstationen, von denen aus doch ebenfalls Correspondenz stattfindet, auch Umschaltungen der früher genannten Art stattfinden müssen. Aus dem was bis jetzt über die Uebertragungsstationen gesagt ist, wird man erkennen, dass dieselben eigentlich nicht Endstationen genannt werden können, sondern dass sie dem Wesen nach Zwischenstationen sind. Es gilt also, mit Ausnahme der Uebertragungs-Verbindung, für sie dasselbe

was über die Combinationen in Bezug auf Fig. 212 gesagt ist. Die Figur 214 giebt nun das Schema für alle Combinationen, welche eine vollständige Uebertragungsstation mit Relais verlangt. Es kommen hier zu dem Früheren noch einige Verbindungen, welche durch eine Erweiterung des in No. 5 dieses Paragraphen beschriebenen Umschalters von Borggreve bewirkt werden, welcher in der Praxis mit No. 5 bezeichnet wird. Die Form dieses Umschalters ist aus der Zeichnung deutlich zu erkennen. Der in Nr. 5 beschriebene Umschalter erhält noch auf jeder Seite eine aus zwei Theilen bestehende Schiene. Jeder

Fig. 214.



dieser Theile kann mittelst eines Stöpsels mit der Aussenschiene des früheren Umschalters leitend verbunden werden. Die in der hier folgenden Fig. 215 gegebene Numerirung der 8 Löcher des Umschalters, zu dem 3 Stöpsel nöthig sind, erklärt alle nöthigen Verbindungen, die mit demselben vorgenommen werden müssen.

1. Für den Fall der Uebertragung, die hier mittelst der Schreibapparate vorgenommen wird, werden die Löcher 2, 3 und 5 zugesetzt. Kommt nun ein Strom durch *L'* nach der Station, so geht derselbe durch G_1 nach *U* über den Stöpsel 2 nach *k* des Schreibapparates rechts, von da über *r* nach T_1 nach R_1, schliesst den Strom der Lokalbatterie und bringt den Morse links in Thätigkeit. Dadurch wird der Linienstrom

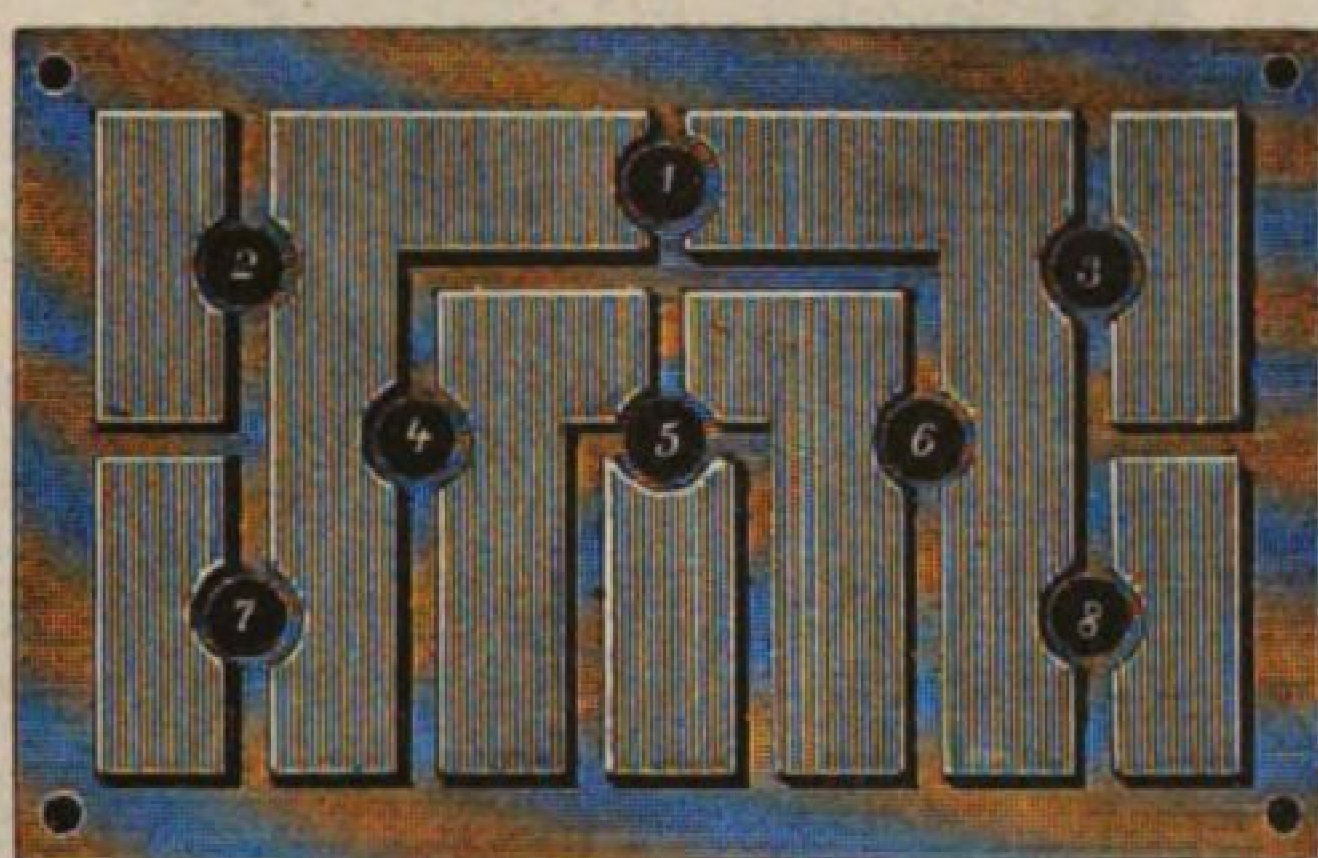
geschlossen, der nun von *K* links nach dem Umschalter und über 5 nach der Linie *L''* geht. Einen dem entsprechenden Lauf nimmt ein von der anderen Seite kommender Strom.

In beiden Fällen kommt der Strom von der Linienbatterie nach der rechten Seite der unteren Tasterschiene und muss aus dem mittlern Stück derselben wieder austreten, dessen Verbindung mit *f* des Uebertragers den Strom eben nach *k* führt. Es muss also in diesem Falle das Loch rechts an jeder der unteren Tasterschienen geschlossen sein.

2. Stationsstellung wird bewirkt durch Stöpselung von 5, 7, 8. In diesem Falle sind, da die Schreibhebel unthätig bleiben, die Leitungen von dem mittleren Stücke der unteren Tasterschiene ausser Verbindung

Umschalter Nr. 5.

Fig. 215.



und ein Strom geht beim Niederdrücken des Tasters entweder von der einen oder anderen Hälfte der Säule, je nachdem das eine oder andere der Löcher gestöpselt ist, aus der Leitung der mittleren Tasterschiene nach dem Umschalter und dort über Stöpsel 7 oder 8 nach der Linie *L'* oder *L''*, je nachdem T_1 oder T_2 in Thätigkeit ist. Ein Vergleich mit der Verbindung in Fig. 204 zeigt, dass dort ebenfalls derselbe Stromlauf für die Stationsstellung vorhanden ist. Dieselbe Gleichheit findet bei den übrigen Verbindungen zwischen den Theilen der Fig. 204 und der vorliegenden statt, nur dass der Umschalter wegen seiner grösseren Zusammengesetztheit eine etwas andere Einsetzung der Stöpsel verlangt. So wird

3. Circularstellung durch Schliessung von 6 und 7 oder 4 und 8 bewirkt.

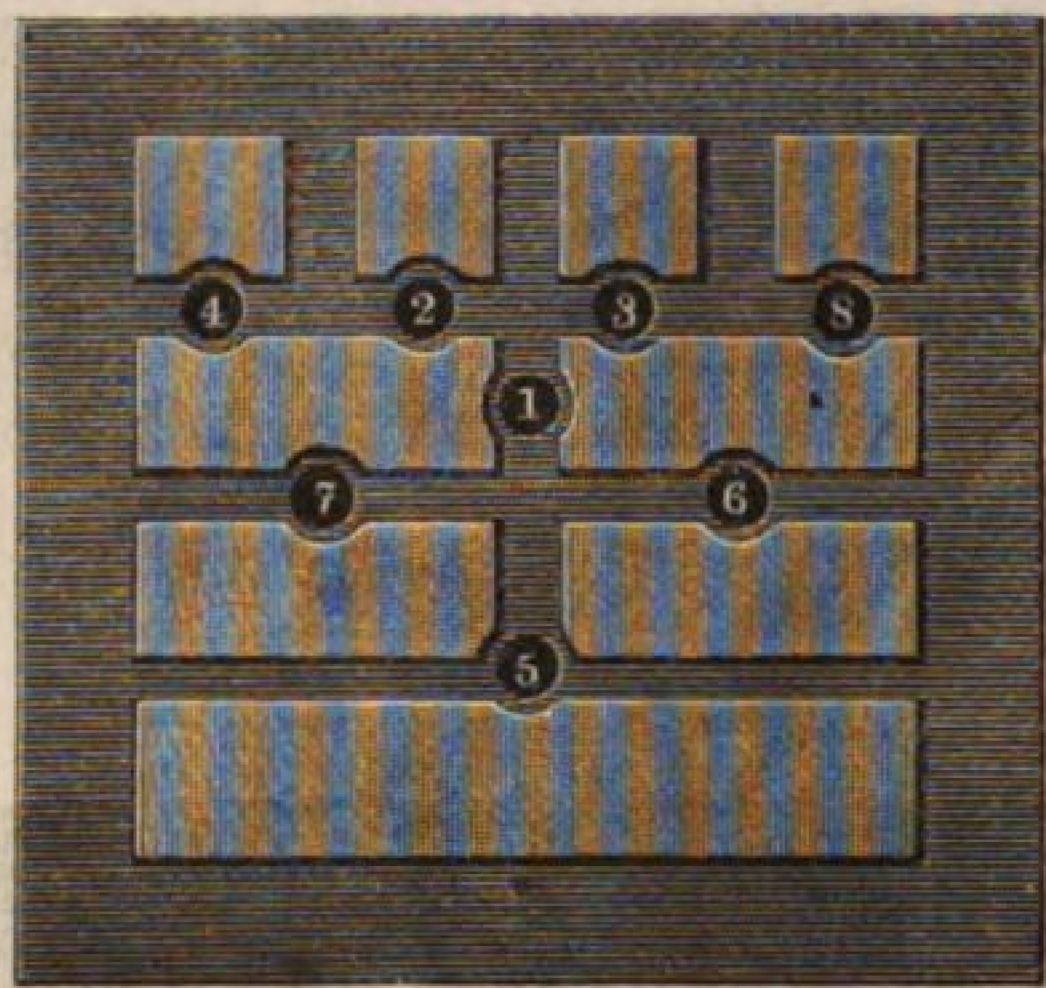
4. Direkte Verbindung bewirkt die Schliessung von Nr. 1.

5. Gewitterstellung wird durch die Schliessung von 4, 5 und 6 hergestellt, in welchem Falle beide Liniendrähte zur Erde führen.

In neuester Zeit ist der Umschalter Nr. 5, der vielfach gebraucht wird, in der einfacheren Form der Fig. 216 hergestellt worden. Bezeichnet man die Löcher mit den oben hineingeschriebenen Nummern,

Umschalter Nr. 5.

Fig. 216.



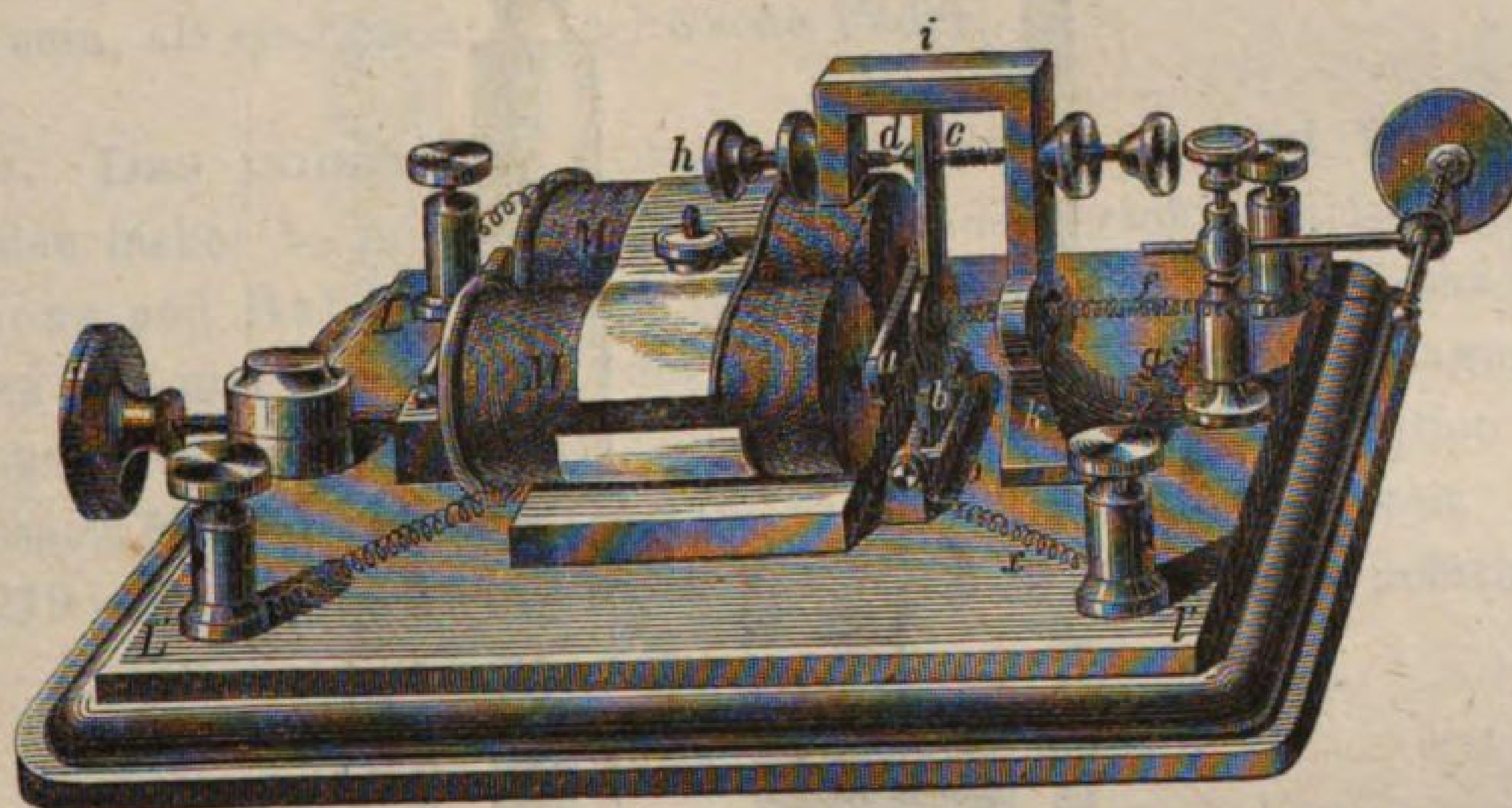
so entsprechen sie denen der alten Form und alle einzelnen Stellungen können nach den obigen Angaben auch für diese Form in Anwendung gebracht werden. Es ist also wie oben eine Stöpselung von 2, 3 und 5 für Uebertragung herzustellen etc. Die Leitungen sind dann an den diesen Nummern entsprechenden Stellen gleich den früheren anzubringen.

§ 3.
Abänderungen der beim Morseschen Telegraphen angewandten Apparate.

Wir haben bei der Besprechung der einzelnen Theile des Morse'schen Telegraphen bisher nach Möglichkeit den historischen Entwicklungsgang verfolgt und in Folge dessen diejenigen Apparate zuerst beschrieben, welche theils hinsichtlich des Gebrauchs, theils in Bezug auf den Zeitpunkt ihres Bekanntwerdens den anderen vorangegangen sind. Um auch in dem vorliegenden Falle dieses Verfahren inne zu halten, sehe ich mich veranlasst eher von dem Relais als von den übrigen Theilen zu sprechen, weil dieser Apparat in seiner Entwicklung besonders auch in der Weise den anderen vorangeeilt ist, dass er jetzt in hohem Grade anfängt zu veralten. Es könnte deshalb rathsam erscheinen die Besprechung dieses Theiles ganz zu unterlassen, allein die Betrachtung seiner Abänderungen macht viele der neusten Einrichtungen erst deutlich.

1. Das Relais. Unter allen zum Morse'schen Telegraphen erforderlichen Apparaten war das Relais der erste, welcher mannigfache Abänderungen erlitt. Der Grund hierfür liegt in den Ansprüchen auf grössere Empfindlichkeit, die man im Vergleich mit den übrigen Apparaten an diese Vorrichtung stellen musste. Durch sie musste die Hauptaufgabe der elektrischen Telegraphie, den von fernher kommenden elektrischen Strom zur Aeusserung zu bringen, gelöst werden. Diese Aufgabe wird dadurch erschwert, dass der Strom aus den früher besprochenen Gründen bald schwach bald stark ist, dass also das Relais für sehr verschiedene Stromintensitäten seinen Dienst erfüllen soll. Der absoluten Lösung dieser Aufgabe stellt sich die durch den Stoff der

Fig. 217.

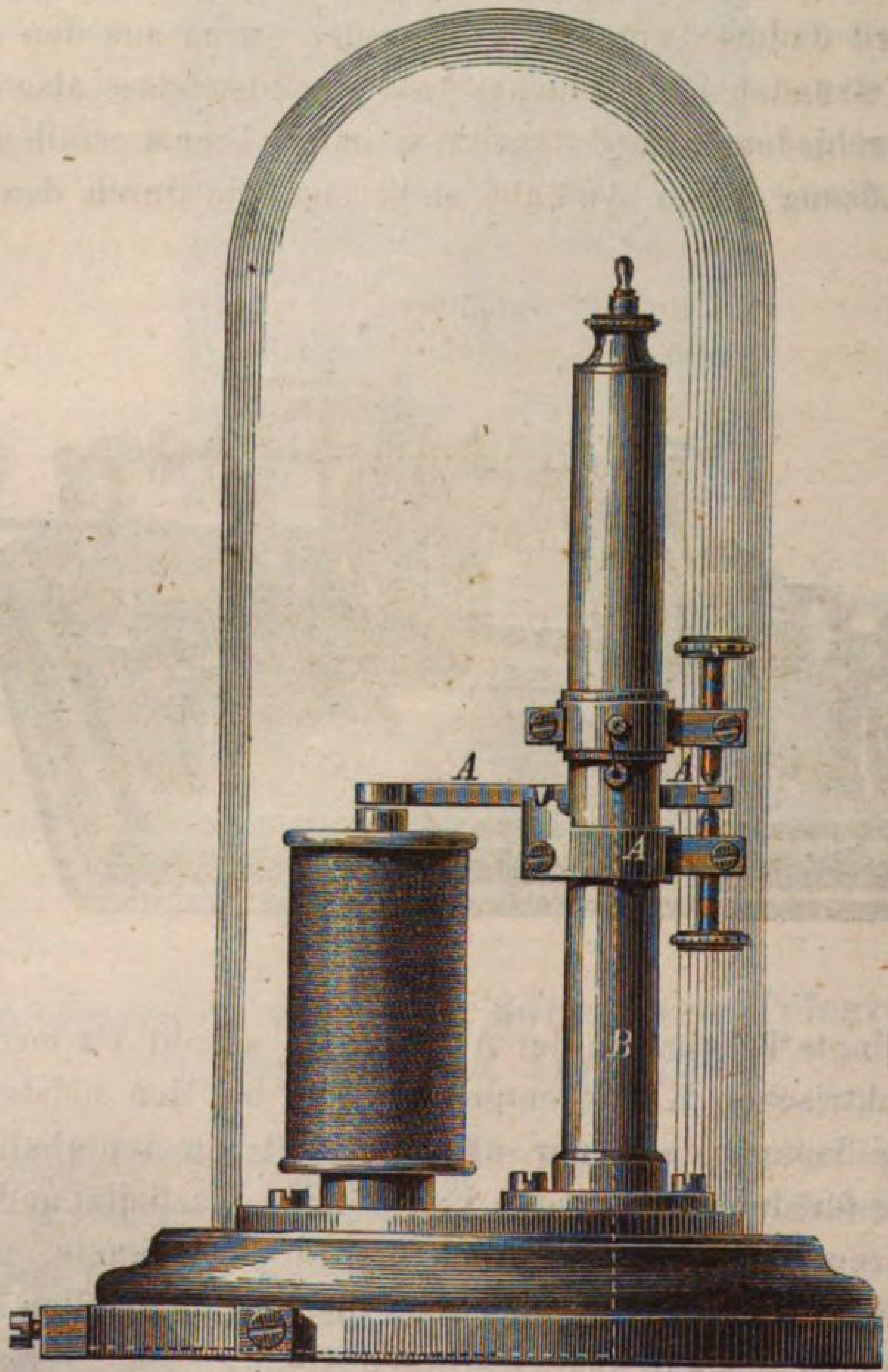


Körper bedingte Trägheit in der Aeusserung, sowohl der mechanischen, wie der elektrischen Kräfte entgegen. Die bei den meisten Relais in Anwendung kommende Feder nämlich zeigt nur innerhalb gewisser Gränzen die für den vorliegenden Fall nöthige Elasticität und wird über diese Gränzen hinaus träge. Auch die Elektromagnete, welche den Anker in Bewegung zu setzen haben, üben nicht in allen Fällen ihre Wirkung gleich schnell aus — werden träge — und versagen unter Umständen ganz den Dienst, was zum Theil seinen Grund in der zum Entstehen und Verschwinden des Magnetismus nöthigen Zeit hat, besonders aber durch den im Magnetkerne erregten remanenten Magnetismus bewirkt wird.

Um diesen Mangel in der Wirksamkeit der Relais abzuhelfen, hat man nun die verschiedenartigsten Mittel angewandt. Die Aufzählung derselben wird lehren, in welchem Grade das Ziel erreicht wurde.

a. Relais mit liegendem Magneten. Eine von dem auf den früheren preussischen Stationen in Anwendung befindlichen Relais sehr wenig abweichende Form ist das in Amerika vielfach gebrauchte Relais mit liegendem Magneten. Die Einrichtung dieses Apparates geht aus der Fig. 217 hervor. Sobald der bei *L'* und *L''* ein- und austretende Linien-

Fig. 218.



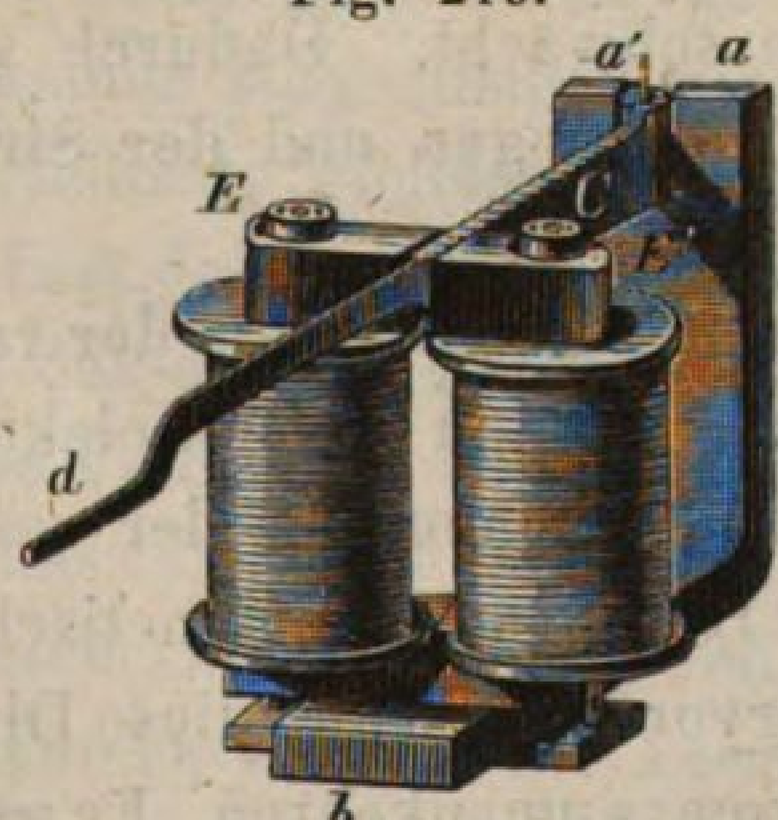
strom den Magneten *M M* magnetisirt, wird der Anker *a* angezogen, der sich mittelst des Contakthebels *b c* um die Axe bei *b* dreht, und der Hebel berührt die Contaktschraube bei *d*. Dadurch wird die Lokalbatterie geschlossen, deren Leitungsdrähte in den Schrauben *l'* und *l''* endigen, von denen der Strom nach *b* und dem Ständer *k* geführt ist. Der Stromlauf ist dann von *l'* über *x*, *b*, *d*, *i*, *k* und *g* nach *l''*. Durch

die Schraube *g* und die Spirale *f* wird der Contakthebel gegen die Schraube *c* gedrückt, während die Lage des Magneten zu seinem Anker durch die hinten angebrachte Schraube regulirt wird.

b. Das Relais von Hipp. Um dem Mangel in der Präcision der Wirkung der Feder abzuhelfen hat Hipp zu beiden Seiten des Hebels eine Feder angebracht. Die Fig. 218 stellt die Einrichtung dar. *A A* ist der Hebelärm, der durch zwei von dem Rohre *B* umschlossenen Spiralfedern nach oben und nach unten gezogen wird. Man sieht ein, dass diese beiden einander entgegen wirkenden Federn von Natur beliebig stark sein können, ohne dass bei richtiger Spannung die Empfindlichkeit der Ankerbewegung beeinträchtigt wird. Eine solche Combination soll wegen der grösseren Masse, aus der die Federn bestehen, weniger träge sein, als eine einfache, schwache Feder.

c. Das polarisirte Relais von Siemens und Halske. Von den bisher besprochenen Relais durchaus verschieden ist ein von Siemens und Halske construirtes, bei welchem die Feder ganz vermieden ist, und bei dem statt des sonst angewandten Elektromagneten Stahlmagnete zur Anwendung kommen, welche durch Modification des in grossem Maasse vorhandenen remanenten Magnetismus wirken. Die Fig. 219 zeigt die Einrichtung dieses Relais, das Siemens das polarisirte

Fig. 219.



genannt hat. Auf einem breiten, rechtwinklig gebogenen Stahlmagneten *A* stehen zwei Eisenstäbe *E E'* neben einander, welche von Spiralen umgeben sind. Der Stahlmagnet ist bei *a a'* gespalten, so dass in der Horizontalebene bei *a a'* zwei Südpole, dagegen bei *E E'* und deren Schuhen bis zur Mitte zwei Nordpole der durch den anderen Pol *b* des gebogenen Stahlmagneten magnetisirten Eisenstäbe endigen. Zwischen diesen beiden Polpaaren oscillirt ein Eisenstab *C* um eine zwischen dem

gespaltenen Südpol befindliche Axe, wodurch dieser Stab an den Südpolen nord- und an den beiden Nordpolen südpolar wird. Die Verlängerung des Eisenstabes bildet an der vorderen Seite der Zeichnung *d* den Contakt.

Wird nun der ankommende Linienstrom nicht direkt durch die Spiralen der Kerne *EE'* geleitet, sondern durch eine nebenbei befindliche galvanische Spirale, über die eine aus feinerem Draht (Inductionsspirale) gewickelt ist, so wird in dieser Inductionsspirale beim Beginn des Linienstromes ein Inductionsstrom erregt. Ist nun die Inductionsspirale durch die Spiralen der auf dem Nordpol stehenden Eisenkerne *EE'* geschlossen, so geht der Inductionsstrom durch diese Spirale und macht, wenn die Richtung des Stromes in der richtigen Weise geleitet ist, den einen der Kerne noch stärker magnetisch, während er den Magnetismus des anderen schwächt, oder aufhebt, ja wohl gar umkehrt. Während daher das Stäbchen *Cd* von beiden Polen zuvor gleich stark angezogen wurde, wird es jetzt stärker nach dem Kerne hingezogen, der durch den Inductionsstrom verstärkt ist und führt dadurch an einer Schraube vor *d* die Schliessung der Lokalbatterie herbei. Freilich hört der Inductionsstrom sogleich wieder auf, allein das Stäbchen *Cd* bleibt doch wegen der grösseren Nähe an dem einen Pole so lange in seiner Lage, bis ein entgegengesetzter Strom die Pole umkehrt. Wird nun der Linienstrom unterbrochen, so entsteht ein dem früheren entgegengesetzter Inductionsstrom, und dieser macht jetzt den anderen Pol *E* stärker, während er den zuvor verstärkten schwächt. Dadurch wird nun das Stäbchen nach der anderen Seite hingezogen und der Strom der Linienbatterie unterbrochen.

Es leuchtet ein, dass an diesem Relais der remanente Magnetismus nicht in gleicher Weise wie bei den einfach elektromagnetischen Relais nachtheilig wirken kann. Es kommt bei der vorliegenden Einrichtung immer nur darauf an, eine Differenz der magnetischen Intensität zwischen den beiden Eisenstäben hervorzurufen und diese Differenz beim Schliessen und Oeffnen des Linienstromes umzukehren. Es geschieht also bei diesem Relais immerwährend das, was bei den anderen Relais als Mittel angewandt wird, um den störenden remanenten Magnetismus unschädlich zu machen, nämlich die Umkehrung der Polarität. Hierzu kommt, dass die Anwendung der abreissenden Spiralfeder, deren Elasticität so häufig einer Regulirung bedarf, hier ganz vermieden, und dadurch die Wirksamkeit des Apparates viel empfindlicher gemacht ist. Ein Versagen der Wirkung dieses Relais ist nur in dem Falle möglich, wo der remanente Magnetismus des einen Poles so stark würde, dass der entgegen-

gesetzte Strom nicht im Stande wäre, die magnetische Differenz beider Pole umzukehren, ein Fall der nicht leicht denkbar ist.

Dasselbe Relais lässt sich mit direktem Linienstrome in Thätigkeit setzen, wenn man den Abstand des oscillirenden Stäbchens von den beiden Polansätzen *E E'* mittelst der hier nicht gezeichneten Contaktschrauben in der Weise ändert, dass der Pol, welcher dem Ruheanschlage entspricht, dem Stäbchen so nahe kommt, dass nach Unterbrechung des Linienstromes die Anziehung dieses Poles wieder überwiegt, und so der Stab nach dem Ruhecontakt zurückgeführt wird. Für diesen Fall kann dann der Strom der Linienbatterie direkt durch die Spiralen der Kerne *E E'* geleitet werden.

b. Das Relais von Markus. Dass der Elektromagnet mit zur Trägheit in der Wirkung des Relais beiträgt, hat vor allem seinen Grund in der wechselnden Intensität des Linienstromes, die sowohl durch allmälige Schwächung beim längeren Gebrauch der Säule, als auch besonders durch die verschieden langen Strecken bedingt ist, die der Strom zu durchlaufen hat. Wird nun ein Eisenstab bald stark, bald schwach magnetisch, so muss er aus zwei Gründen in seiner Wirkung träge werden. Einerseits wird nämlich bei starker Magnetisirung die Zeit verlängert, welche nach der Unterbrechung des Stromes zum Verschwinden des Magnetismus nöthig ist[1]), andrerseits aber wird durch einen starken Strom der nachtheilig wirkende remanente Magnetismus verstärkt. Dieser remanente Magnetismus wird ausserdem auch durch eine häufig sich wiederholende gleiche Wirkung des Stromes erhöht, woraus denn klar ist, dass der remanente Magnetismus der Präcision der Wirkung des Relais das grösste Hinderniss entgegen stellt.

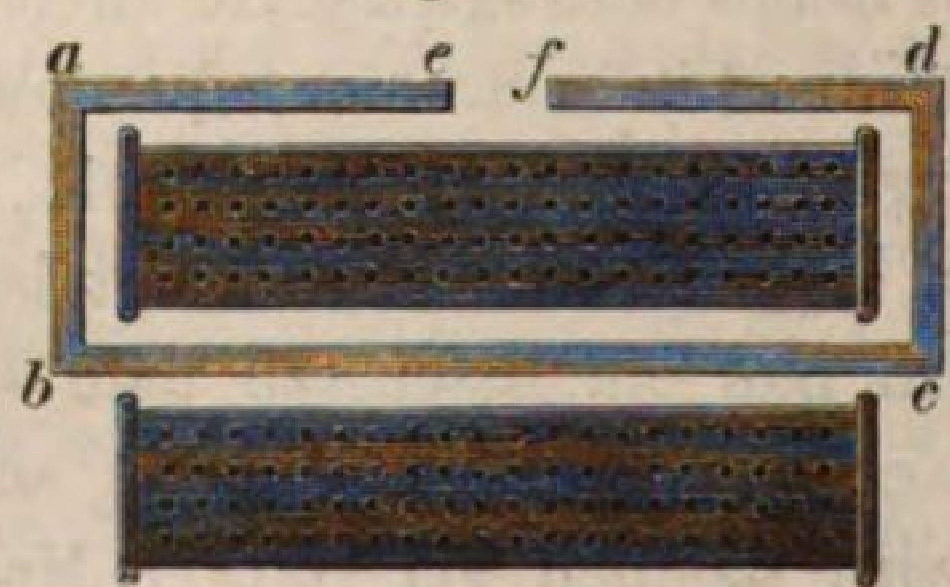
Wenn also z. B. die Feder für eine bestimmte Stärke des Linienstromes gestellt ist, so dass sie nicht zu stark wirkt, die Bewegung des Hebelankers zum Magneten zu verhindern, und auch nicht zu schwach, damit sie bei der Stromunterbrechung den Anker wieder vom Magneten zu entfernen im Stande ist; so hat dieses Adjustiren bei einer bestimmten Intensität des remanenten Magnetismus stattgefunden, die Feder ist so gestellt, dass sie nach der Stromunterbrechung diesen remanenten Magneten zu überwinden vermag. Wächst nun der remanente Magnetismus, so bleibt zuletzt die Feder nicht mehr fähig den Anker abzureissen und das Relais versagt seinen Dienst. Diese Erscheinung kann schon bei gleich bleibender Stromstärke auftreten, um so mehr muss sie aber

[1]) Absch. II., § 5.

sich zeigen, wenn die Stromstärke wechselt, in welchem Falle dann noch die Verzögerung wegen des langsameren Verschwindens des stärkeren Magnetismus hinzukommt.

Alle diese Uebelstände wären gehoben, wenn man im Stande wäre einen Magneten anzufertigen, der überhaupt nicht mehr Magnetismus anzunehmen vermöchte, als ein schwacher Linienstrom zu erzeugen im Stande ist. In Folge der im weichen Eisen eintretenden Sättigung[1]) ist es aber in der That möglich einen Magneten der genannten Art anzufertigen. Marcus hat ein auf den Sättigungszustand gegründetes Relais construirt. Der von ihm angewandte Magnet hatte im Durchschnitte eine Form, wie Fig. 220 zeigt. *eabcdf* stellt den Durchschnitt eines breiten Eisenbleches dar, welches als Eisenkern diente. Ueber den empor-

Fig. 220.



gekrümmten Armen *ae* und *df* desselben, an denen die magnetische Polarität auftrat, befand sich der Contakthebel. Wegen der geringen Dicke des Eisenbleches entstand in demselben durch einen die ebenfalls im Durchschnitte gezeichneten Spiralen durchfliessenden Strom von geringer Intensität schon Sättigung, so dass eine Verstärkung des Stromes keine erhebliche Verstärkung des Magnetismus mehr hervorrief. In Folge dessen wurde der Hebelanker bei starkem wie bei schwachem Strome annähernd mit gleicher Kraft angezogen. Es war daher keine Aenderung in der Federspannung bei Aenderung der Intensität des Linienstromes erforderlich.

Ein in der beschriebenen Weise construirtes Relais war im Königreich Sachsen längere Zeit mit gutem Erfolge in Anwendung, musste aber später bei Seite gesetzt werden, weil es plötzlich seinen Dienst ganz versagte. Bei einer näheren Untersuchung zeigte sich, dass das den Kern bildende Eisenblech ganz eigenthümlich gelegene Pole erhalten hatte, die sich in ihrer Wirkung auf den Anker aufhoben. Dieses für

[1]) II. Absch. § 3. No. 1.

den Erfolg dieser Construction ungünstige Resultat ist, wie man einsehen wird, durchaus kein Beweis gegen die Anwendbarkeit des Princips.

Bei Anwendung einer entsprechenden Form des Kernes, nämlich eines dünnen runden Stabes, bei dem eine so abnorme Verrückung der Pole nicht möglich ist, wird dieser Apparat gewiss gute Dienste thun, wofür schon der Umstand zeugt, dass derselbe sich eine Zeit lang bewährt hatte, bevor die genannte Störung der Polarität eingetreten war.

e. Verbesserung der Relais überhaupt. Ausser den hier genannten Relais sind noch mehrere von Siemens und Halske, von Kramer, Hipp, Schaak u. A. in Gebrauch. Ausser durch das vorn genannte polarisirte Relais von Siemens ist auch von Kramer dadurch ein Fortschritt in der Construction dieses Apparates gemacht worden, dass dieser Physiker statt der Hufeisen einschenklige Elektromagnete anwendet, eine Form, welche lange Zeit auf der Niederschlesischen Bahn mit gutem Erfolge in Gebrauch gewesen ist.

Durch das Anlegen eines Ankers an einen Hufeisenmagneten wird nämlich in demselben durch die gegenseitige Einwirkung der Pole auf einander eine vielmal grössere Menge Magnetismus hervorgerufen, als durch den Strom allein erregt wird [1]). Dieser durch das Anlegen oder auch nur Annähern des Ankers bewirkte Magnetismus verschwindet nun nicht vollständig, wenn der Strom unterbrochen wird, und da die durch das Anlegen des Ankers hervorgerufene Menge von Magnetismus viel grösser ist, als die durch den Strom erregte, so leuchtet ein, dass hierdurch das Relais an Präcision verlieren muss. Ein solcher Einfluss des Ankers findet bei einem einschenkligen Magneten wenig oder gar nicht statt, und deshalb muss dessen Anwendung für Relais vortheilhaft sein, wie auch die Erfahrung gelehrt hat.

Am vortheilhaftesten würden Spiralen allein ohne irgend welchen Kern zu verwenden sein, wenn nicht die Kraft, welche sie äussern, zu gering wäre. Bei Versuchen, die Kramer in Bezug auf diesen Fall angestellt hat, zeigte sich zwar eine durchaus präcise Wirkung bei der Anziehung des Magneten durch die Spirale, allein häufig schmolz der Hebel durch den erregten Inductionsfunken an der Contaktschraube an, und die wegen der geringen Anziehungskraft der Spirale nur schwache Feder war dann nicht im Stande ihn wieder loszureissen, das Relais versagte seinen Dienst ganz.

In neuerer Zeit wurde die Zahl der Relais noch durch Militzer [2])

[1]) Dub, Elektromagnetismus pag. 401. [2]) Brix Journal VIII, pag. 219.

um eins vermehrt, welches sich von den anderen dadurch unterscheidet, dass der verwendete Eisenkern nach den Polen hin konisch verjüngt ist, und die Enden selbst entweder abgerundet oder zugespitzt sind. Vergleichende Versuche, welche dieser Techniker mit Relais von dieser Form und anderen mit cylindrischen Kernschenkeln angestellt hat, haben in mancher Beziehung günstige Resultate für die ersteren ergeben. Meiner Meinung nach haben aber diese Resultate nicht ihren Grund in der konischen Form der Magnetkerne, sondern in der Form ihrer Endflächen; so dass aus den von Militzer erhaltenen Resultaten geschlossen werden muss, die Relais leisteten besser ihren Dienst, wenn die oscillirende Bewegung des Relaisankers in einem bestimmten, verhältnissmässig grossen Abstande von den Magnetpolen stattfindet. Nach dem, was ich im VIII. Abschnitt meines Buches über Elektromagnetismus hinsichtlich der Magnetenden gesagt habe[1]), tritt um so eher Sättigung ein, je mehr das Magnetende verjüngt ist, so dass in diesem Falle eine Wirkung auf den Anker von den ferner liegenden Theilen des Magnetkernes durch den in ihm hervorgerufenen temporären Magnetismus herrührt.

2. Der Schreibapparat. a. Der Brabender'sche Hebel. Wie wir später bei der Besprechung des Stromlaufes weiter ausgeführt finden werden, wird in neuerer Zeit mehr als früher mit Ruhestrom gearbeitet. Wir wollen hier nur kurz bemerken, dass in diesem Falle sich der Schreibhebel des Morse'schen Apparates heben muss, wenn er im anderen Falle sich senkt. Daraus ergiebt sich einfach, dass eine Aenderung der Schreibvorrichtung erforderlich ist, wenn derselbe Hebel unter dieser Bedingung zum Telegraphiren benutzt werden sollte.

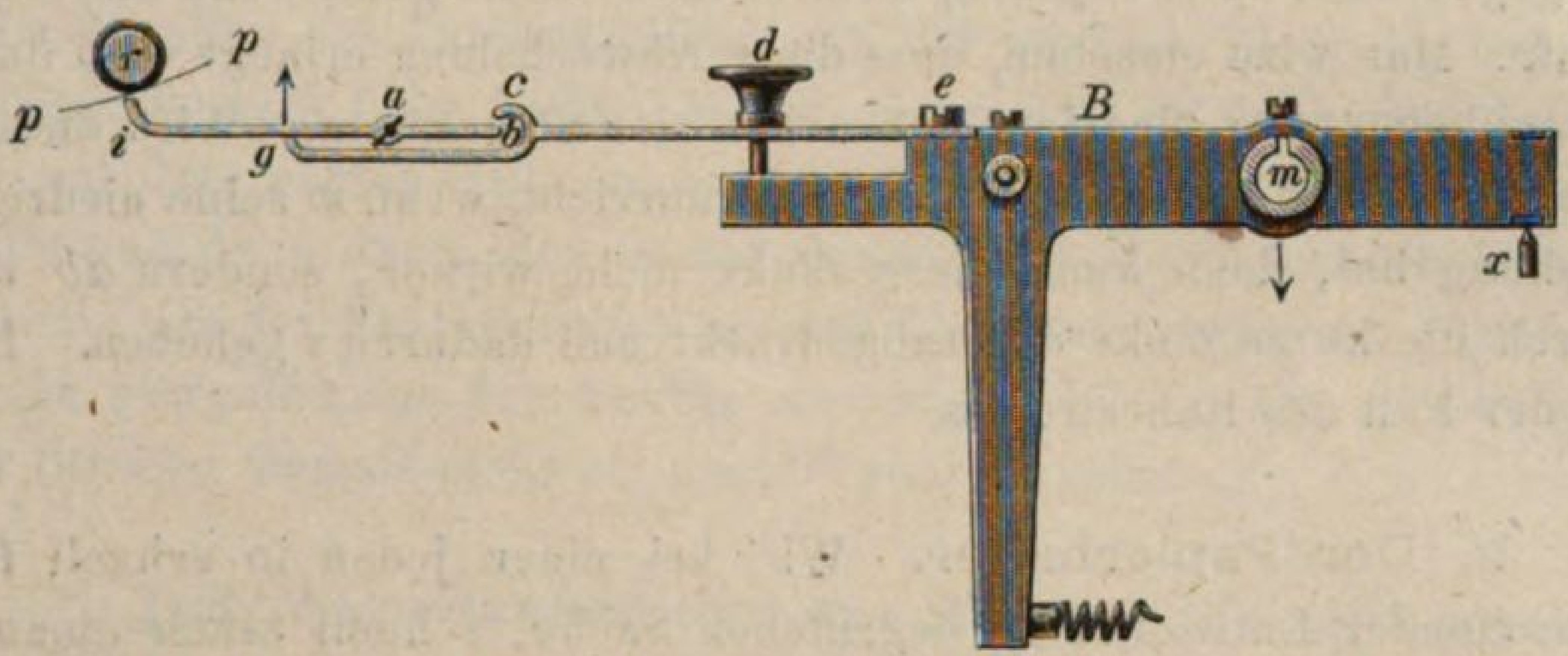
Wiehl änderte daher in einfachster Weise das bis dahin beim Sprechen des Apparates niedergehende Ende des Schreibhebels in der Weise ab, dass er vor dem Hebel seitwärts eine neue Axe befestigte, welche einen Schreibstift trug, der nach hinten an den bisherigen Hebel heranreichte und von diesem also niedergedrückt wurde, wenn er selbst sich abwärts bewegte. Befindet sich nun an der entgegengesetzten Seite der Axe der Schreibstift, so wird dieser zu gleicher Zeit gehoben und macht das Zeichen auf dem vorbeigehenden Papier, wie im anderen Falle der gewöhnliche Schreibstift. Soll dagegen der Apparat wieder als gewöhnlicher Schreibstift wirken, so wird der neue Hebel durch

[1]) Siehe auch Dub, Elektromagnetismus pag. 220.

einen festen Arm ersetzt, der so weit vorreicht, dass er an dieselbe Stelle trifft, wohin auch der Hebel reicht.

Diese Vorrichtung hat den Uebelstand, dass zwei Theile vorhanden sein müssen, deren einer in Reserve gehalten werden muss, wenn der andere sich in Anwendung befindet, und der Beamte hat die Aufgabe, beide Theile mit einander zu vertauschen, d. h. den einen ab- und den anderen anzuschrauben, wenn der zu dem einen Zweck benutzte Morseapparat zu dem anderen verwendet werden sollte. Wenn man erwägt, dass Behufs dieser Vertauschung mehrere Schrauben gelöst, und einige Theile an die Stelle anderer gebracht werden müssen, bei deren Wirksamkeit es auf Genauigkeit ankommt, so kann man diese Einrichtung

Fig. 221.



nicht sehr empfehlenswerth nennen. Später wurde diese Einrichtung dahin abgeändert, dass durch Einsetzen einer Schraube in ein Gelenk des Schreibhebels derselbe zu einem festen Arm umgeschaffen werden konnte, wenn mit Arbeitsstrom telegraphirt werden sollte, während bei Ruhestrom diese Schraube entfernt und vorn an einer andern Stelle des Hebels durch diesen hindurch in die Apparatwange festgeschraubt wurde. In dieser Weise entstand dann ein zweiarmiger Hebel, dessen vorderes Ende sich hob, wenn bei Stromunterbrechung der Anker abgerissen ward. Apparate mit Vorrichtungen dieser Art finden sich noch vielfach in der deutschen Telegraphen-Verwaltung im Betriebe. Die einfachste Abänderung, welche auch von der General-Direction adoptirt und allgemein vorgeschrieben ist, hat der Telegraphen-Directionsrath von Brabender angegeben.

Bei der von ihm angegebenen Vorrichtung hat man nur eine Schraube ein Paar Umgänge zu drehen, um dadurch einen bisher für Ruhestrom thätigen Hebel in einen für Arbeitsstrom brauchbaren zu verwandeln. Diese Einrichtung wird in Fig. 221 veranschaulicht. Es stelle *m* den

Querschnitt des Hebelankers dar, welcher durch die an dem senkrecht stehenden Arme angebrachte Feder in die Höhe gezogen wird. Der Hebelarm *B* ist nun nach links durch einen etwas federnden Stift verlängert, welcher an seinem Ende die ungleich zinkige Gabel *gbc* trägt, die den anderen Hebel *bai* umfasst.

Denken wir uns nun die Zinke *eg* gehoben, so drückt sie den Arm *ai* in die Höhe und gegen das Papier *pp*. Die Hebung findet aber statt, wenn *m* sich senkt. Soll daher für diesen Fall der Stift *i* wirklich gehoben werden, so wird der Schreibhebel mit Arbeitsstrom benutzt, d. h. es wird der Anker während des Schreibens angezogen. Für den Fall des Ruhestroms ist der Anker immer angezogen, und wenn er Schrift geben soll, wird der Strom unterbrochen. Alsdann muss der Hebelarm *ai* gegen das Papier drücken, wenn *m* in die Höhe geht, wenn also *c* sich senkt. Man wird einsehen, dass diese Abwechslung erlangt wird durch etwas höher oder niedriger Schrauben der Schraube *d*. Wird diese so gestellt, dass *g* erst an den Arm *ai* heranreicht, wenn *m* seine niedrigste Stellung hat, dann kann diese Zinke nicht wirken, sondern *ab* wird durch die kurze Zinke *c* herabgedrückt und dadurch *i* gehoben. Dies ist der Fall des Ruhestromes.

b. Der Papierhalter. Wie bei einer jeden in schnell fortschreitender Entwickelung begriffenen Sache, schnell hinter einander an demselben Dinge immer wieder Aenderungen vorgenommen werden, welche nicht allein auf anderen Gebrauch desselben, sondern auch auf vortheilhaftere Anwendung zielen; so ist es auch bei dem Morse'schen Schreibhebel. Bei einem Besuche der Centraltelegraphenstation kann man eine Musterkarte von Morse'schen Apparaten sehen, deren ververschiedene Abänderungen nach Dutzenden zählen. Ich will hier nur noch einige derselben aufführen, durch die der ganze Apparat einfacher und compendiöser wird.

Dahin gehört die Anbringung der Papierrolle. Dieselbe befindet sich bei den bisherigen Apparaten über den übrigen Theilen, wie die Fig. 160 zeigt, auf dem sogenannten Papierträger aufgewickelt. Bei den neuesten Apparaten befindet sich diese Papierrolle in einem flachen Blechkasten unter der Grundplatte des Apparates. Der Apparat erhält dadurch ein ganz anderes Ansehen, ohne dass deshalb eine wesentliche Aenderung stattgefunden hätte. Die hierauf bezügliche Verfügung der Generaldirection lautet wie folgt:

„Zur Beseitigung der Uebelstände, welche durch die zur Zeit vorhandenen Constructionen der Schreibapparate herbeigeführt worden,

ist angeordnet worden, dass von jetzt ab sämmtliche neu zu liefernde Schreibapparate bezüglich der Farbengebung nach dem Siemens'schen Prinzip eingerichtet werden sollen. Gleichzeitig werden bei diesen neuen Apparaten unter der Grundplatte niedrige Schubkasten von Eisenblech angebracht, welche zur Aufnahme der Papierrolle dienen. Hierdurch wird der Vortheil erreicht, dass der lästige Papierstaub von dem Farbebehälter etc. abgehalten wird.

Endlich sollen die fünf Klemmen zur Aufnahme der Zuführungsdrähte bei allen neuen Apparaten ganz übereinstimmend und zwar an der hinteren Seite der Grundplatte angebracht werden."

„In Bezug auf die Behandlung des Apparates ist nur zu bemerken, dass die Papierrolle auf die im Schubkasten befindliche, auf der Spitze eines Stahlstiftes sich drehende Scheibe so aufgelegt werden muss, dass beim Abrollen des Papierstreifens sich der vordere Theil der Scheibe von rechts nach links dreht. Der Papierstreifen ist dann zunächst um die auf der rechten Seite vorn in der Ecke des Kastens angebrachte Rolle und dann durch den in der Grundplatte befindlichen Schlitz zu führen. Ob der Papierstreifen mit der Oberkante nach vorn oder nach hinten gewendet aus dem Schlitz austritt ist gleichgültig, es darf aber der Streifen niemals mehr als um 90° gedreht sein."

c. Der Magnetanker und die Kerne. Die vorn erwähnte Verschiedenheit, welche man jetzt unter den Morse'schen Schreibapparaten findet, ist in den Fortschritten begründet, welche jetzt überhaupt stattfinden. Wir haben soeben die Relais besprochen, und aus ihrem Zweck die Schwierigkeit hergeleitet, die es hat, sie genügend empfindlich zu machen. Die Anwendung der Relais aber war darin begründet, dass man nicht im Stande war, den Schreibapparat selbst direkt durch den Linienstrom in Bewegung zu setzen. Dass dies aber früher nicht möglich war, lag wiederum darin, dass man die Striche und Punkte, wie wir gesehen haben, vertieft in dem Papierstreifen herstellte, dass man Reliefschrift anwendete. Nachdem man nun aber, wie wir später noch umständlicher erfahren werden, Farbenschrift eingeführt hat, hat man geringeren Kraftaufwand nöthig, um einen Schreibhebel in Bewegung zu setzen, so dass er die Zeichen zur Zufriedenheit herstellt, und — dies ist der Grund, weshalb jetzt die Relais ausser Dienst kommen. Durch die Farbenschrift werden die Relais unnütz. Hieraus wird einem Jeden klar werden, dass man nun darnach streben muss, dem Schreibhebel die möglichst grösseste Empfindlichkeit zu verschaffen, wie man dies früher beim Relais erstrebte.

Wir haben nun bereits, als vom Relais die Rede war, gesagt, dass eine Hauptursache der Unempfindlichkeit jener Apparate in der Trägheit des Eisens läge, Magnetismus anzunehmen, noch mehr aber denselben wieder zu verlieren. Wie man nun früher den störenden Einfluss durch Anfertigung von Relaiskernen von geringer Masse zu entfernen suchte, so geschieht dies jetzt bei den Kernen und Ankern der Schreibapparate. Aus diesem Grunde haben daher die neuesten Morseschreiber nicht wie früher massive Eisenstäbe, sondern hohle Röhren von Eisenblech, welches gar nicht sehr stark ist. Die Erfahrung lehrt, dass dieselben nicht sehr starken Magnetismus annehmen, aber ihn dafür auch um so schneller wieder verlieren.

So gründen sich die meisten Abänderungen neuerer Apparate auf die Anwendung der Farbschrift.

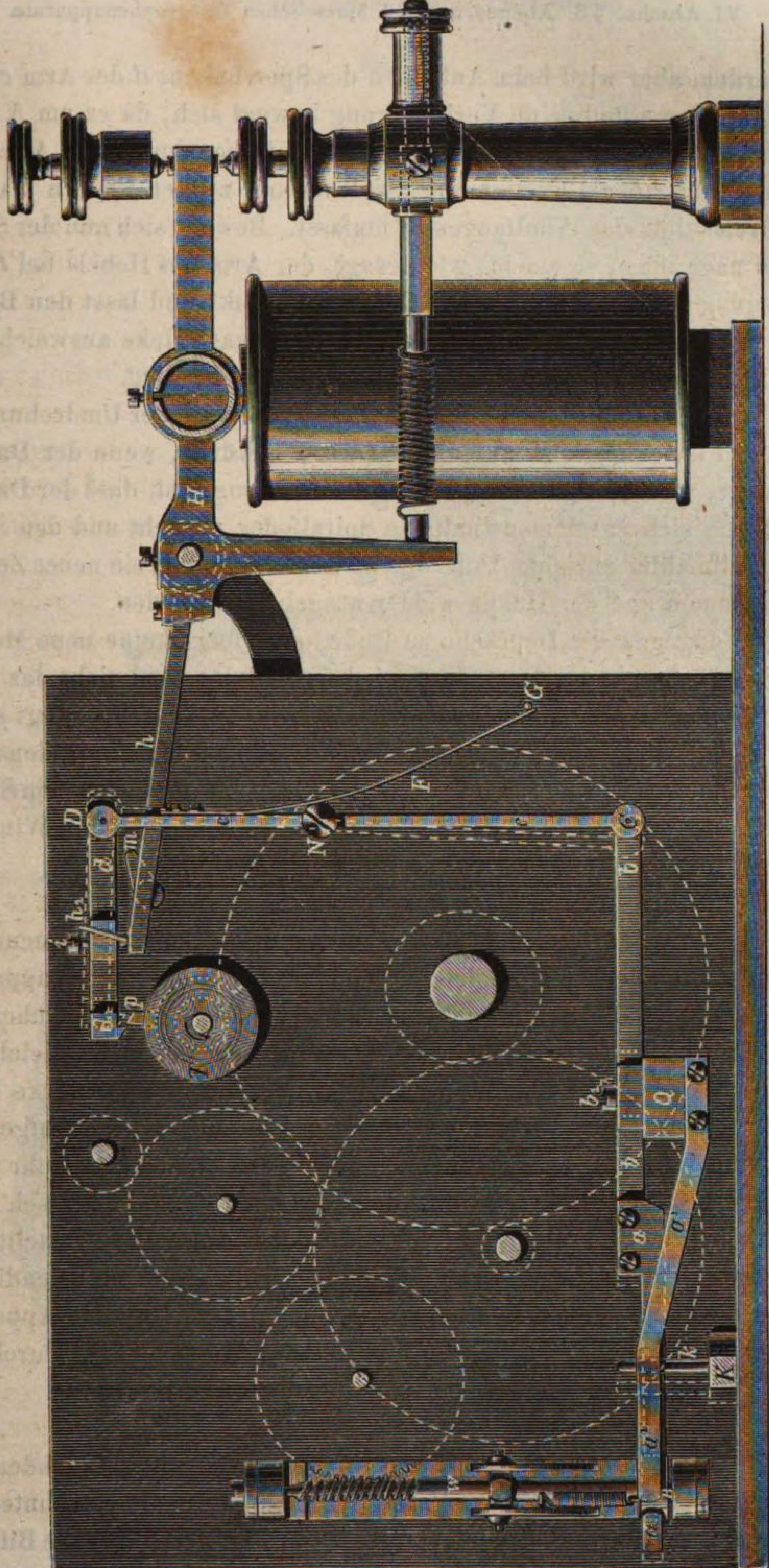
d. Die Selbstauslösung. Eine neue Einrichtung, welche Siemens und Halske bereits bei ihrem Schwarzschreiber in anderer Weise schon früher angewandt hatten, ist jetzt bei verschiedenen Morse'schen Farbschreibern der deutschen Telegraphen - Verwaltung angebracht, welche in der Hauptsache mit der von Markus angegebenen Construction übereinstimmt. Dies ist die Selbstauslösung, welche das Abtelegraphiren einer Depesche möglich macht, ohne dass ein Beamter vorhanden ist, der dieselbe abnimmt.

Die Fig. 222 zeigt mit Andeutung des Räderwerkes des Morse'schen Schreibapparates diese Einrichtung.

Auf der Axe des Hebels *H* ist ein Arm *h* befestigt, welcher, wenn der Schreibhebel *H* sich senkt, sich heben muss und dann einen Sperrhaken *d'* aushebt. Dieser Sperrhaken hält einen Daumen *p*, welcher an einer Trommel *T* befestigt ist, die das Räderwerk hemmt. Wird der Daumen *p* frei, so kommt die Trommel und mit ihr das Räderwerk des Schreibhebels in Bewegung, so dass der Papierstreifen abläuft, und nun die Depesche gegeben werden kann.

Natürlich ist hiermit die Sache noch nicht beendet, denn dieses Räderwerk muss auch wieder aufgehalten werden, wenn die sprechende Station wieder schweigt. Wie man einsieht, würde diese Arretirung bereits durch den Sperrhaken *d'* geschehen, wenn die Trommel einen Umgang gemacht hat. Damit nun aber die Arretirung nicht plötzlich durch einen Stoss geschieht, ist folgende Vorrichtung angebracht. Einerseits befindet sich der Daumen *p* nicht fest an der Trommel *T*, sondern er ist fest mit einer in der Trommel befindlichen Spiralfeder verbunden, welche sich zusammenrollt, wenn der Sperrhaken den Daumen fasst.

Fig. 222.



Ausserdem aber wird beim Aufheben des Sperrhakens *d* der Arm *c* nach rechts gebogen und seine Verlängerung bewegt sich, da er um *N* drehbar ist, zu gleicher Zeit nach links. Nun hat aber der untere Arm *c* bei *C* einen Stab *bb* als Fortsetzung, welcher mit zweien Federn *a* und *a'* den Bremsklotz des Windfanges *W* umfasst. Bewegt sich nun der Sperrhaken nach oben, so macht, wie gesagt, der Arm des Hebels bei *D* eine Bewegung nach rechts, der bei *C* eine nach links und lässt den Bremsklotz frei, indem die ihn umfassende Feder *a* nach links ausweicht, dagegen *a'* durch den Stift *k* auf die Seite geschoben wird.

Während daher auch beim Telegraphiren bei jeder Umdrehung der Trommel das Gangwerk aufgehalten werden würde, wenn der Daumen fest wäre, wird es erst allmählig dadurch verlangsamt, dass der Daumen durch die sich zusammenwindende Spiralfeder mitgeht und den Sperrhaken allmählig anzieht. Unterdessen aber ist bereits ein neues Zeichen angekommen und der Haken wieder ausgehoben worden.

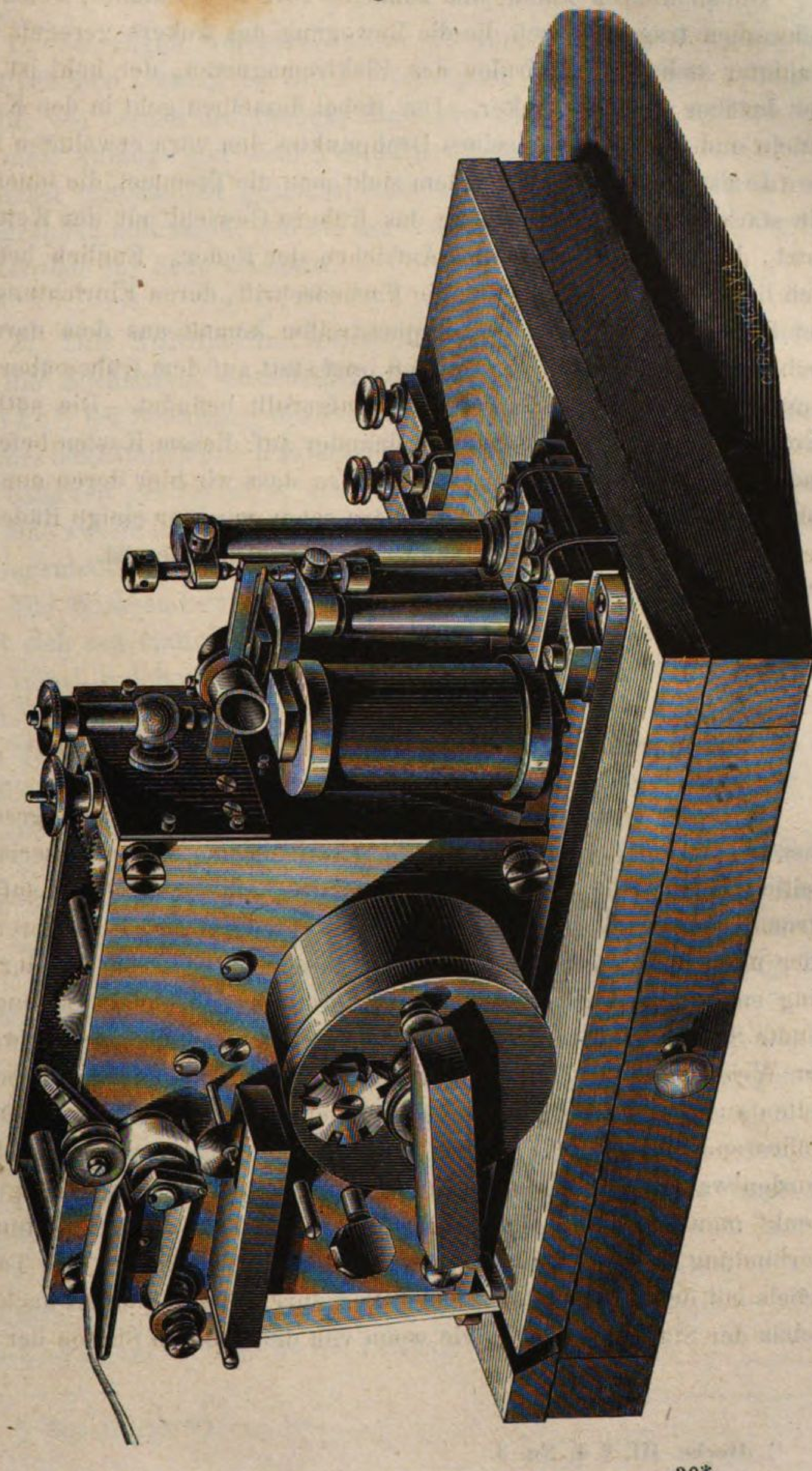
Ist dagegen die Depesche zu Ende, so erfolgt keine neue Hebung des Sperrhakens, der Daumen *p* wird festgehalten und zieht das obere Ende *D* des Stabes *c* immer mehr nach links. Dadurch bewegt sich *C* nach rechts, zieht die den Bremsklotz umfassende Feder *a* an denselben heran, und von der anderen Seite legt sich die bis dahin von dem Stifte *k* zurückgezogene Feder *a'* gegen denselben, so dass auch der Windfang und mit ihm das Räderwerk zum Stillstande kommt.

e. Morseschreiber mit Federwerk. Eine andere neue Einrichtung, die wiederum der jetzige leichtere Gang des Schreibapparates ermöglicht, ist die Benutzung eines Federwerkes statt des früher verwandten Gewichtes mit Kette. Es bleibt im Uebrigen Alles gleich, nur dass das treibende Rad statt durch Gewicht durch eine starke Feder in Bewegung gesetzt wird, die ganz ebenso wie das Gewicht aufgezogen wird, und in der Weise wie die Feder einer Taschen- oder Stutzuhr wirkt.

Diese Einrichtung gewährt den Vortheil, dass der Tisch nicht durchbohrt zu sein braucht, auf dem ein solcher Apparat aufgestellt wird, während dies doch bei Anwendung eines Gewichtes nothwendig ist. Es ist dies eine der Vorrichtungen, welche das Ansehn des Apparates ändern. Wie die Fig. 223 zeigt, erhält der Morseapparat durch alle diese Einrichtungen ein viel compendiöseres Ansehen.

f. Der neueste Schreibapparat von Morse. Nachdem nun im Laufe der Jahre der Morse'sche Schreibapparat die erwähnten Abänderungen erfahren hat, bietet er das in der Fig. 223 gegebene Bild dar.

Fig. 223.



Die sichtbaren Theile sind zunächst vorn zwei Ständer, welche die Schrauben tragen, durch die die Bewegung des Ankers geregelt wird. Dahinter stehen die Spiralen des Elektromagneten, der hohl ist, wie der darüber stehende Anker. Der Hebel desselben geht in den Kasten hinein und trägt jenseits seines Drehpunktes den vorn erwähnten Brabender'schen Hebel. Ausserdem sieht man die Trommel, die innerhalb die starke Feder trägt, welche das frühere Gewicht mit der Kette ersetzt, davor ist der Griff zum Aufziehen der Feder. Endlich befindet sich links die Vorrichtung für die Farbenschrift, deren Einrichtung aus der Figur deutlich ist. Der Papierstreifen kommt aus dem darunter befindlichen Kasten, in dem er sich jetzt statt auf dem früher über dem Apparat angebrachten Papierhalter aufgerollt befindet. Die nöthigen Klemmschrauben sind alle neben einander auf diesem Kasten befestigt, und stehen in der Figur nach hinten, so dass wir hier deren nur zwei sehen. Von dem Gangwerk im Innern sehen wir hier einige Räder, da der sonst den Kasten schliessende Deckel abgenommen ist.

§ 4.

Apparate zum Gebrauch bei Ladungsströmen.

1. Nothwendigkeit derselben. Wir haben vorn[1]) gesehen, dass wegen der Ladung, welche in unterirdischen wie unterseeischen Leitungen in sehr hohem Grade auftritt, einerseits der Lauf des Stromes durch die Leitung bedeutend verzögert wird, andererseits aber nach der Unterbrechung des Stromes ein Rückstrom aus der Leitung entsteht. Wird nämlich der ursprünglich durch die Leitung gesandte Strom unterbrochen, so entladet sich die Leitung wieder, was in der Weise geschieht, dass die angesammelte Elektricität nach beiden Seiten aus dem Leiter mit demselben Zeichen zur Erde abfliesst. Dieser abfliessende Strom muss an dem Ende, wo der Strom zuvor eingeleitet worden war, die entgegengesetzte Richtung haben als der ursprüngliche. Denkt man also z. B. einen Morse'schen Apparat mit der Leitung in Verbindung, so muss dieser Rückstrom nach Verbindung des Tasterhebels mit dem Ruhecontakt seinen Weg durch diesen Contakt nach dem Relais der Station nehmen, wie wenn von der anderen Station her tele-

[1]) Abschn. III, § 4, No. 3.

graphirt würde, und muss also auch den Schreibhebel in Bewegung setzen.

Die Störungen, welche Siemens wie Kramer nach Anlegung der unterirdischen Leitung an ihren Telegraphen im Jahre 1848 erfuhren, hatten, wie bereits besprochen, dieselben Ursachen und wurden von Kramer Anfangs auf dem Potsdamer Bahnhofe in Berlin dadurch möglichst unschädlich gemacht, dass er eine Vorrichtung bei seinem Telegraphen anbrachte, die bei der Stromunterbrechung die störenden Rückströme zur Erde ableitete.

2. Der Submarinschlüssel von Siemens und Halske.

Um die Rückströme unschädlich zu machen, wenden Siemens und Halske[1]) bei Benutzung des bereits beschriebenen polarisirten Relais, welches bekanntlich durch aufeinander folgende entgegengesetzte Ströme in Thätigkeit gesetzt wird, einen eigenthümlich eingerichteten Taster und eine zweite in entgegengesetzter Richtung wirkende Linienbatterie — Gegenbatterie — neben der Lokalbatterie an.

Die Wirksamkeit des sonst zur Anwendung kommenden Tasters stellt sich schematisch in Fig. 224 dar. Derselbe besteht nämlich aus dem Hebel, welcher durch eine Feder auf *2*, den Ruhecontakt, gedrückt wird. In dieser Lage ist die Leitung *L* mit dem Relais *G* und der Erde *E* in Verbindung. Ein Druck auf den Hebel *D* trennt zunächst die Verbindung mit dem Relais *2* und schliesst dann durch den Contakt *3* die Linienbatterie in die Leitung ein.

Stellt man darauf die Verbindung mit *2* wieder her, so muss der Endladungsstrom — Rückstrom — seinen Weg durch das Relais nehmen. Um die dadurch bewirkten Unannehmlichkeiten zu umgehen, treffen Siemens und Halske folgende Einrichtungen, welche die Fig. 225 schematisch darstellt.

Ist die Leitung *L* mit dem Punkte s_1 in Berührung, so ist das Relais *G* zum Empfangen von Depeschen eingeschaltet, ist dagegen die Leitung *L* mit dem Punkte s_2 in Berührung, so ist der Schlüssel *D* zum Fortgeben einer Depesche eingeschaltet, und das Relais ist den Entladungsströmen gänzlich entrückt. Drückt man in dieser Lage den Schlüssel auf den Contakt *3*, so geht ein positiver Strom aus der Batterie (+*K*) — der Arbeitsbatterie — in die Leitung, liegt dagegen der Schlüssel auf dem Contakte *2*, so geht ein negativer Strom (—*K*) — der Gegenbatterie — in die Leitung.

[1]) Brix Journal VI. pag. 100.

Hierdurch wird bewirkt, dass bei jeder Bewegung des Schlüssels ein Strom unterbrochen wird, also auch bei jeder Bewegung ein Rückstrom entsteht, der mit dem neuen, soeben geschlossenen galvanischen Strome gleiche Richtung hat und mithin nutzbar wird. Um bei Herstellung der Verbindung mit s_1 nicht die letzte Entladung durch das Relais zu leiten, wird auf dem Wege nach s_1 vorher noch der mit der Erde in Verbindung stehende Contakt s_3 berührt und dadurch diese Ladung direkt zur Erde abgeleitet.

Fig. 224.

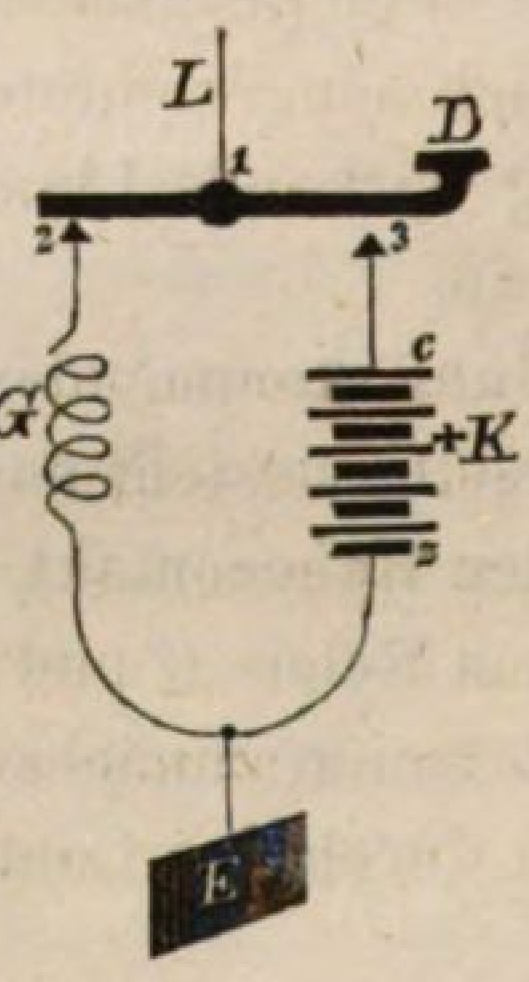
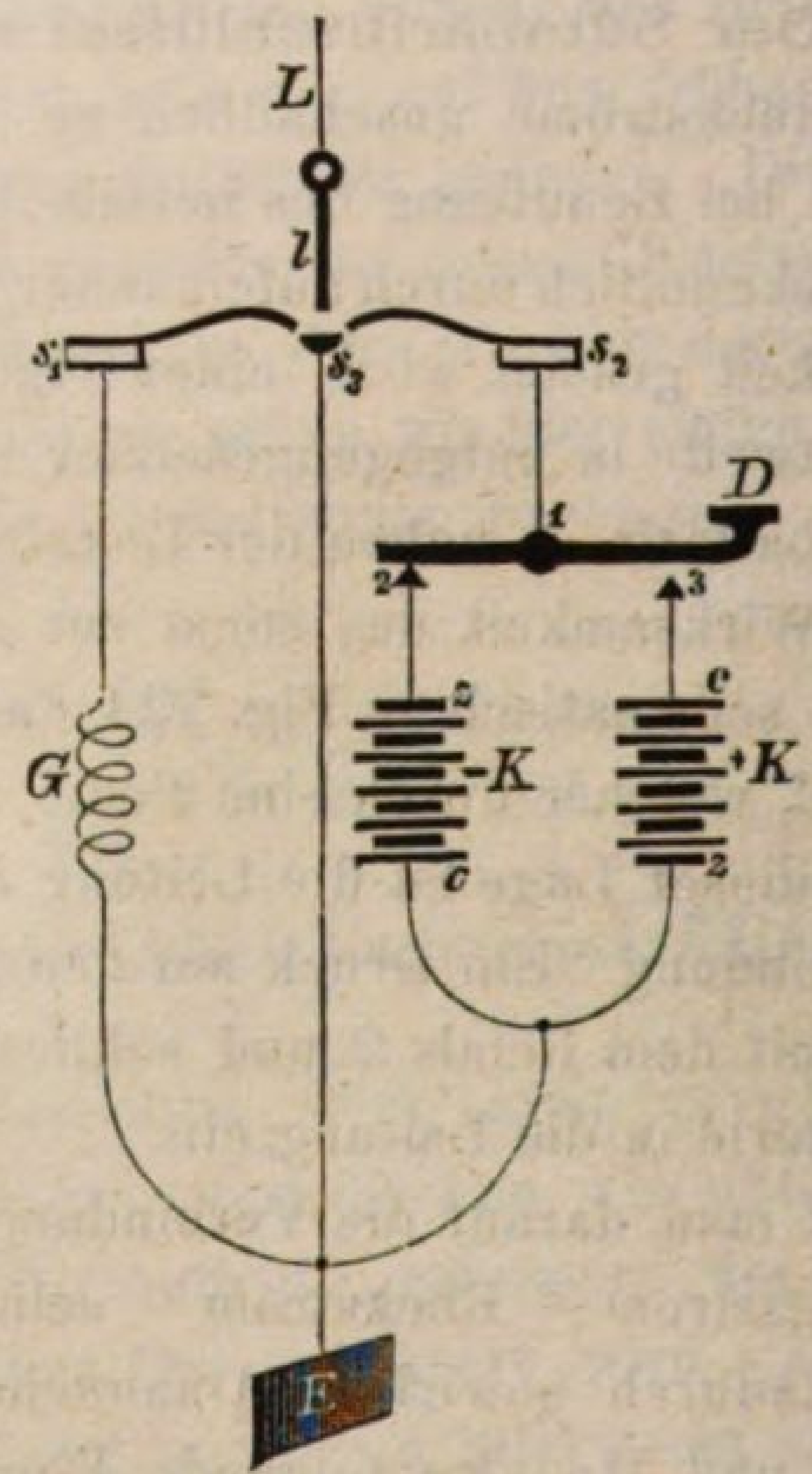


Fig. 225.

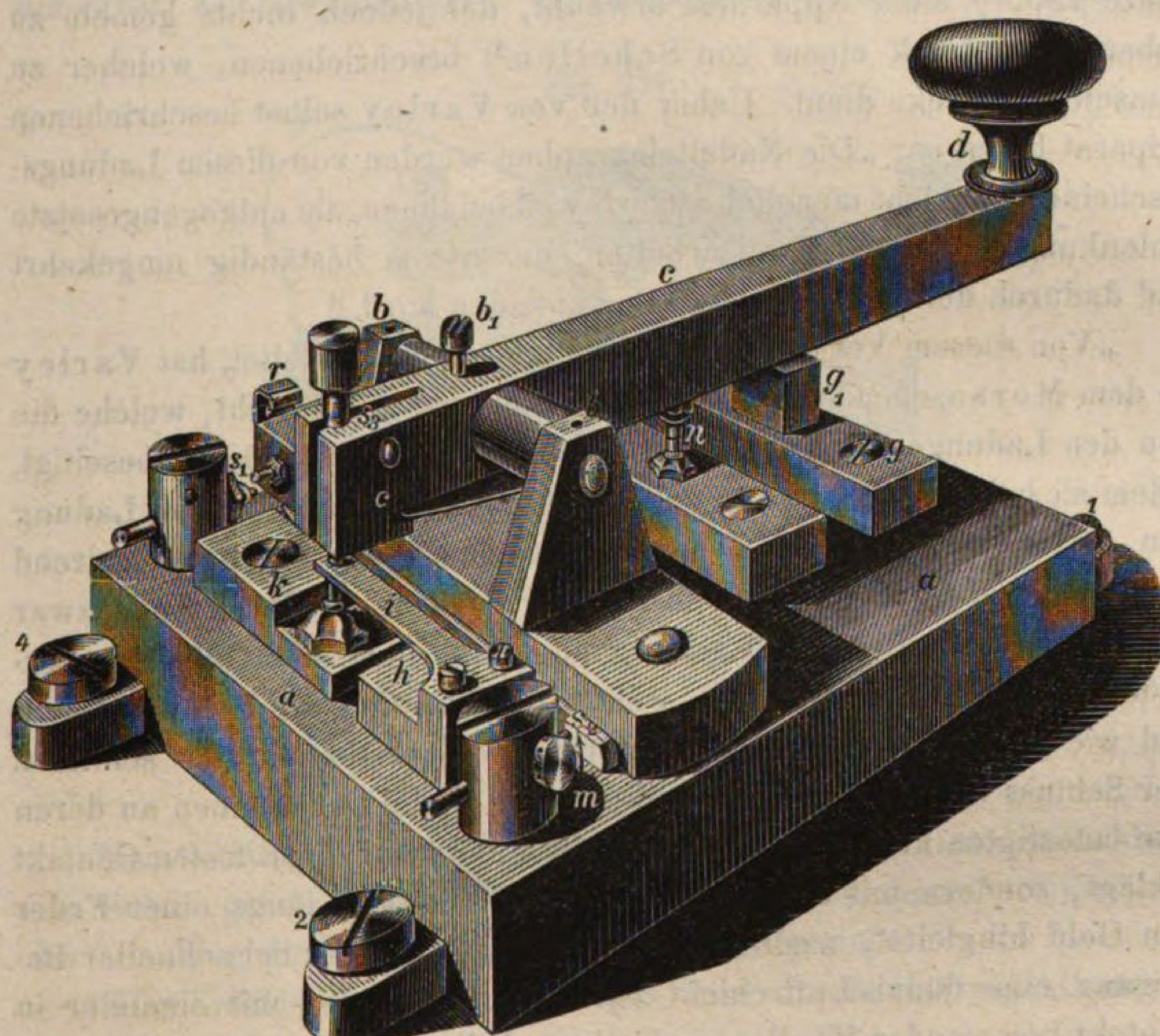


Diese hier schematisch gegebenen Stromverbindungen stellen Siemens und Halske durch folgenden Schlüssel her. Das Lager *b b* Fig. 226, worin der Schlüssel liegt, ist horizontal um die Axe *b* drehbar. Es ist dauernd mit der Klemme 1, die zur Aufnahme des Leitungsdrahtes bestimmt ist und mit der davorliegenden Feder *i* verbunden und wird ausserdem im Ruhezustande mittelst einer Spiralfeder gegen den Contakt s_1 gepresst, der in leitender Verbindung mit der Klemme 4, dem Relais und der Erde steht. Unter diesen Umständen ist also die Verbindung genau so, wie wenn in der zweiten schematischen Figur die Leitung *L* mit dem Punkte s_1 in Berührung ist. In dieser Stellung des Tasterhebels kann derselbe nicht niedergedrückt werden, weil er sich über dem Anschlag g_1 auf der Platte *g* befindet.

In dieser Stellung empfängt der Apparat Depeschen.

Soll nun aber telegraphirt werden, so rückt man den Arm *e* nach links (in der Zeichnung „auf sich zu"). Dadurch wird der Contakt bei *s* unterbrochen und also das Relais ausgeschaltet, und gleichzeitig werden zwei Knöpfe, von denen hier nur der eine *n* sichtbar ist, gegen die Feder s_2 gedrückt, die mit der Platte *x* zusammenhängt. Diese Feder s_2 wird dadurch gegen den Contakt *m* gedrückt, der mit der Klemme 2

Fig. 226.



in Verbindung steht, welche zur Gegenbatterie (— *K*) und zur Erde führt. Durch die Drehung des Schlüssels in horizontaler Richtung wird also das Relais ausgeschaltet und die Gegenbatterie eingeschaltet, gerade wie in dem zweiten Schema, wenn *L* mit s_2 verbunden wird.

Drückt man nun den Schlüssel nieder, so verlässt er den oberen Contakt *i* und berührt den Contakt *n*, d. h. die Gegenbatterie (— *K*) wird unterbrochen und die Arbeitsbatterie (+ *K*) geschlossen.

Damit nun nach dem Loslassen des Schlüssels auch noch der Gegenstrom abgeleitet werde, streift beim Zurückdrehen des Schlüsselkörpers

zum Contakt s_1 eine hier nicht sichtbare Spitze desselben gegen eine Feder s_3 bei r, welche durch eine Klemme hinter r mit der Erde leitend verbunden ist.

3. Taster und Relais von Varley. Anderer Mittel als der eben angegebenen bedient sich Varley, die genannten Uebelstände besonders für submarine Leitungen zu beseitigen. Derselbe hat in einem Vortrage in der Versammlung der British Association zu Liverpol im Jahre 1855[1]) eines Apparates erwähnt, der jedoch nichts gemein zu haben scheint mit einem von Schellen[2]) beschriebenen, welcher zu demselben Zwecke dient. Ueber den von Varley selbst beschriebenen Apparat heisst es: „Die Nadeltelegraphen werden von diesen Ladungserscheinungen nicht merklich afficirt, weil bei ihnen, um entgegengesetzte Ablenkungen der Nadel zu erhalten, der Strom beständig umgekehrt und dadurch der Draht stets wieder entladen wird."

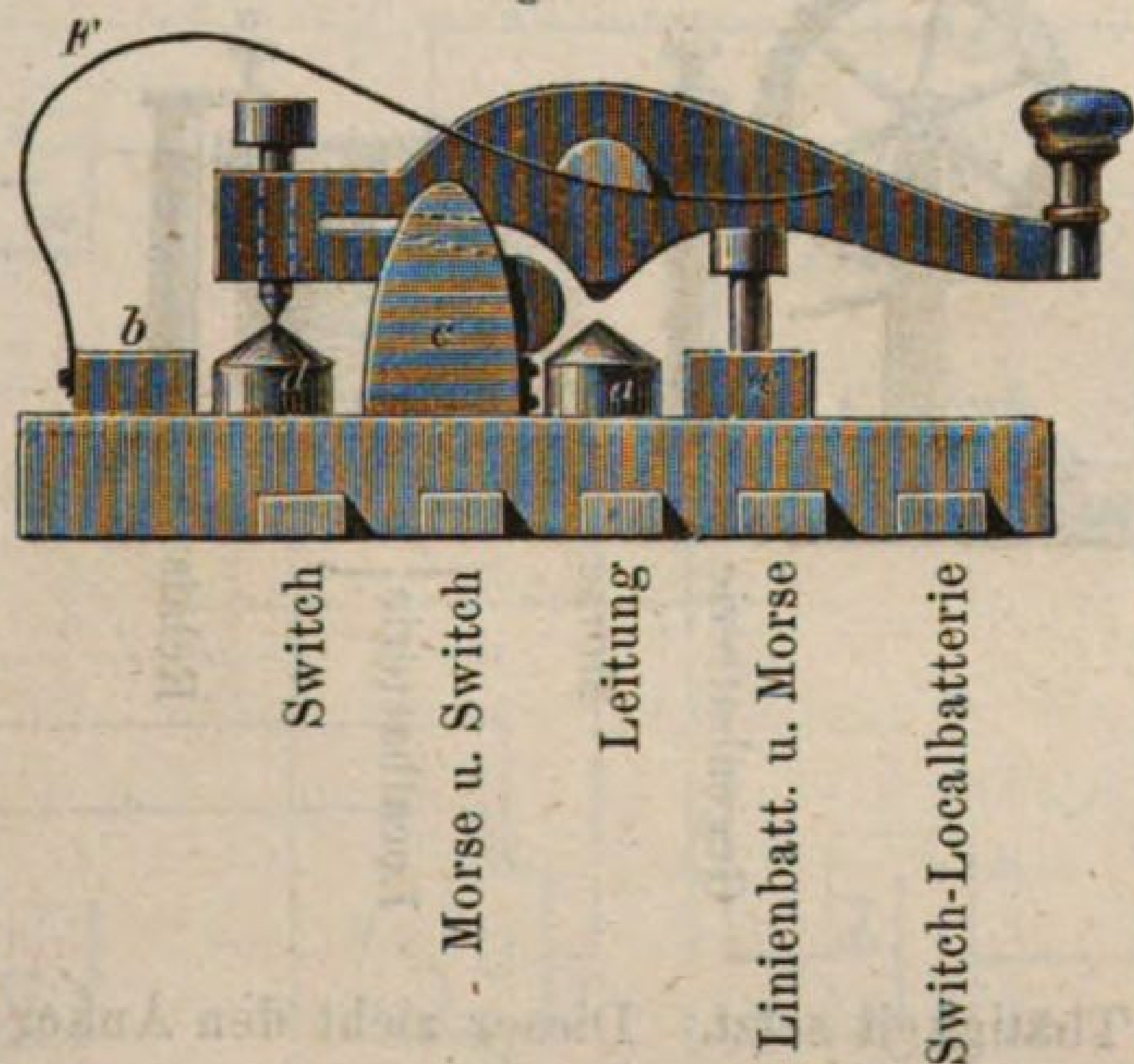
„Von diesem Verhalten der Nadeltelegraphen geleitet, hat Varley an dem Morseschen Apparat eine Vorrichtung angebracht, welche die von den Ladungen herrührenden Schwierigkeiten vollständig beseitigt, indem sie bei jeder Bewegung des Schlüssels zur Aufhebung der Ladung den Strom umkehrt. Man sendet mit demselben rasch alternirend entgegengesetzte Ströme in die Leitung, welche an deren Ende zwar schon schwach, aber doch stark genug sind, dort eine Galvanometernadel in Bewegung zu setzen, welche die Function des Relais versieht und wie gewöhnlich die Lokalbatterie des Schreibapparates schliesst. Der Schluss erfolgt bei der Ablenkung der Nadel durch einen an deren Axe befestigten kleinen Arm, der nicht stumpf auf einen festen Contakt schlägt, sondern mit Reibung in schiefer Richtung längs einer Feder von Gold hingleitet, wodurch verhindert wird, dass bei schneller Bewegung eine dünne Luftschicht zwischen den beiden mit einander in Contakt kommenden Theilen verbleibt und die Innigkeit der Berührung beeinträchtigt. Dieser Apparat ist so empfindlich, dass er mit nur vier Daniell'schen Kupfer-Zinkelementen zur Correspondenz zwischen Manchester und London hat gebraucht werden können."

Einen anderen Apparat von Varley beschreibt Schellen. Derselbe besteht aus einem eigenthümlichen Taster nebst einem Relais, das Switch genannt wird. Mit diesem Switch steht eine besondere Lokalbatterie (Switch-Batterie) in Verbindung, so dass bei dieser Einrichtung zwei Linien- und zwei Lokalbatterien zur Anwendung kommen, und

[1]) Brix Journ. I. p. 188. [2]) Der elektrom. Teleg., 3. Aufl. p. 291.

ausserdem auf jeder Station für einfache Leitung zwei Relais in Thätigkeit sind, nämlich der Switch und das gewöhnliche Relais. Der Vorgang beim Telegraphiren mittelst dieser Einrichtung ist kurz folgender. Durch das Niederdrücken des Tasters wird ausser dem Schluss des Linienstromes, der seinen Lauf nach der anderen Station nimmt, der Stromverbindung von der anderen Station her ein anderer Weg als gewöhnlich durch das Relais eröffnet. Diesen Weg durch den Switch nämlich verfolgt nach dem Loslassen des Tasters der Rückstrom, und der Strom der Gegenbatterie. Er ist jedoch dem Strome nur kurze Zeit

Fig. 227.



geöffnet, so lange als der Rückstrom dauert, damit dieser nicht durch das Relais gehe. Darauf öffnet sich die Schliessung von selbst, und der alte Weg durch das Relais ist wieder hergestellt.

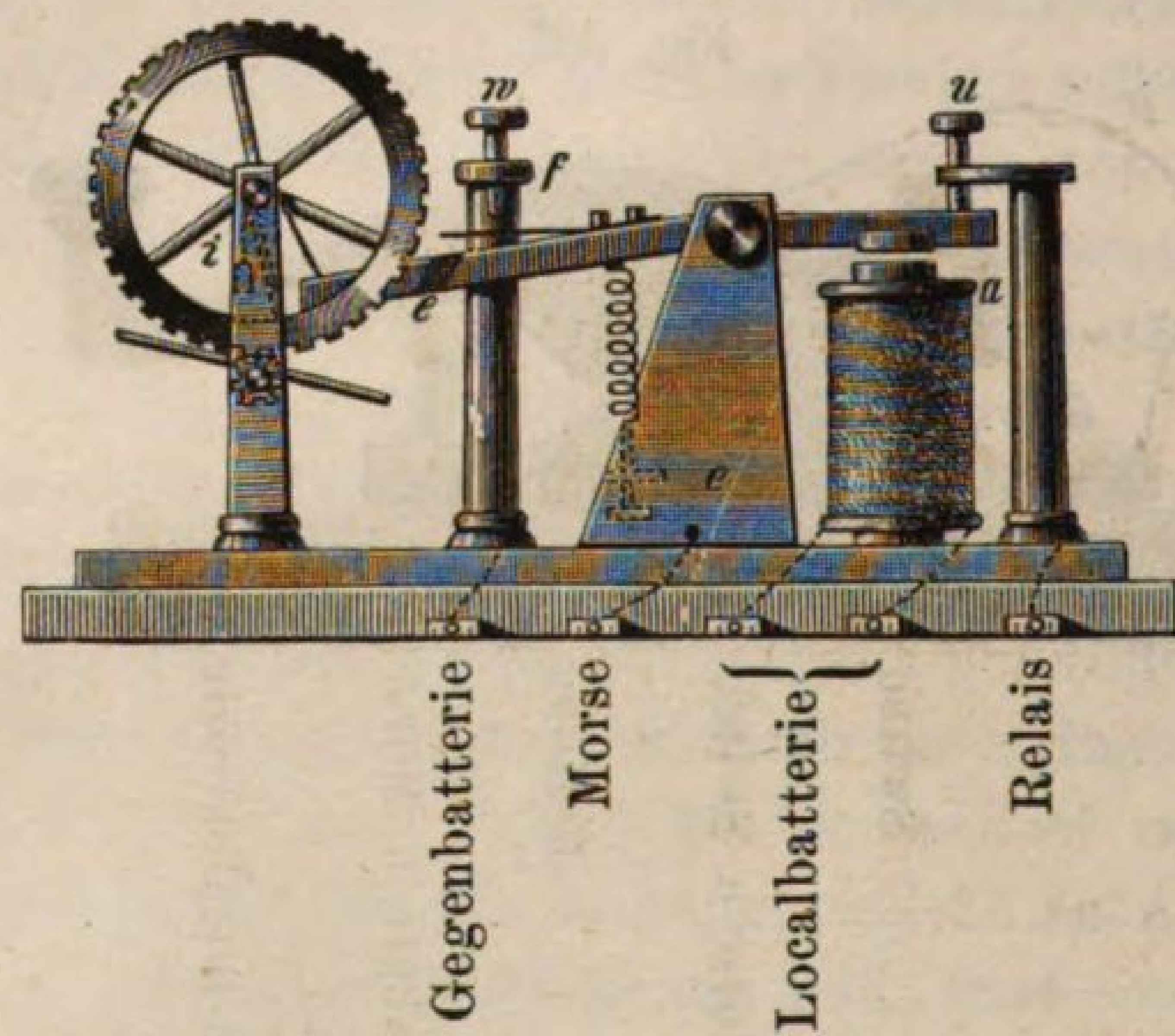
Die Eröffnung des neuen Weges wird durch eine eigenthümliche Einrichtung des Tasters, dagegen die nicht plötzlich mit dem Loslassen des Tasters erfolgende Unterbrechung dieses Weges durch den Switch bewirkt. Diese durch Varley hergestellten neuen Einrichtungen sind folgende.

Der Taster, welchen Fig. 227 darstellt, hat zwei Leitungen mehr als ein gewöhnlicher Taster. *a* und *d* sind die gewöhnlichen Contaktkegel und *c* ist die gewöhnliche Leitung durch die Hebelaxe. Ferner ist nun bei *b* eine Stahlfeder *F* befestigt, welche bis zu einem Contakte bei *a'* hinüberreicht und auf diesen drückt, wenn der Taster *T* überhaupt gedrückt wird. Diese Feder schliesst dann die vorngenannte Switchbatterie.

Der Switch selbst ist in Fig. 228 dargestellt. Zu ihm führen die Leitungen von der Gegenbatterie, dem Morse, von der Localbatterie nach zwei Klemmen und von dem gewöhnlichen Relais.

Wenn Anfangs der Strom der Linienbatterie geschlossen wird und das Relais der anderen Station die Lokalbatterie schliesst, so geht nun der Strom der letzteren durch die bezeichnete Klemme über den Ständer *c*, die Axe und den Hebel nach *u* und so durch das Relais. Durch die Feder *F* wird nun aber die Switchlokalbatterie geschlossen, welche den

Fig. 228.

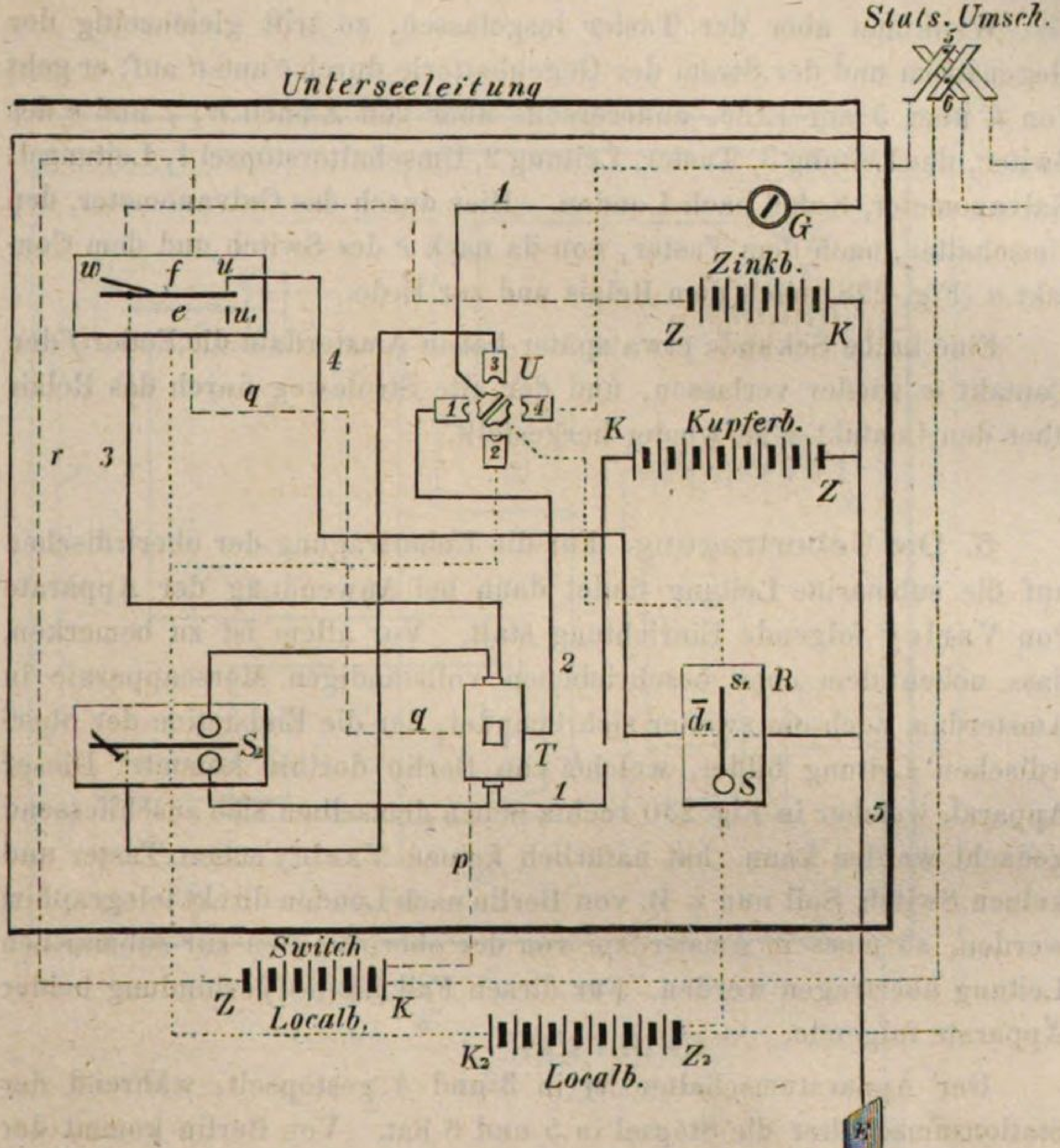


Magneten *a* in Thätigkeit setzt. Dieser zieht den Anker des Hebels *e* an, löst so den Contakt bei *u* und schliesst einen anderen der Feder *f* bei *w*. Dadurch ist das Relais aus dem Kreis ausgeschlossen, und gleichzeitig die Lokalbatterie mittelst der Feder *f* und der Switchbatterie geschlossen. Damit nun beim Loslassen des Tasters *T*, wo die Gegenbatterie in Thätigkeit tritt, nicht auch die Feder *f* loslässt, steht der Hebel *e* des Switch (und dadurch unterscheidet er sich von gewöhnlichen Relais) mit einem kleinen Gewicht, einem Zahnrad und einem Windflügel in Verbindung, wodurch er gezwungen wird sich nur langsam zu senken und erst etwa $^1/_2$ Sekunde nachdem der Taster losgelassen ist, die Gegenbatterie zu öffnen und mittelst des Contaktes *u* das Relais wieder in den Kreis zu bringen.

4. Stromleitung auf der Station. Die Fig. 229 giebt die Stromverbindung der Apparate auf einer mit einem Switch versehenen Station, wie etwa Amsterdam oder London. Stelle diese Amsterdam dar, und werde von da nach London telegraphirt. Dann stecken die Stöpsel des

Apparatumschalters *U* in 1 und 2. Der Taster werde gedrückt, so geht der Strom von *K* der Linienbatterie (Kupferbatterie) über 1, den Taster, 2, Stöpsel 1 des Umschalters *U*, 1, das Galvanometer nach London; hier durch den Taster über die der Leitung 3 entsprechende Leitung

Fig. 229.



nach dem Switchhebel *e*, über *u* (Fig. 228) zum Relais und zur Erde; dagegen in Amsterdam von *Z* der Linienbatterie über Leitung 5 zur Erde. Für jetzt ist also der Schreibhebel in London in Thätigkeit, während der Switch daselbst ausser Connex ist.

Nun ist aber mit dem Drücken des Tasters in Amsterdam auch die Switchlocalbatterie daselbst geschlossen worden, deren Strom vom

Kupferpol *K* durch den Taster nach *q*, den Switchelektromagneten, nach *r* und zum Zinkpol *Z* circulirt. Dadurch wird der Anker *e* des Switch in Amsterdam angezogen, und so das Relais dieser Station durch Unterbrechung bei *u* ausgeschlossen, und die Feder *f* mit dem Contakte *w* in Verbindung gebracht. Noch aber ist dadurch die Gegenbatterie nicht geschlossen, weil der Contakt *d* am Taster nicht mit *c* in Verbindung ist.

Wird nun aber der Taster losgelassen, so tritt gleichzeitig der Gegenstrom und der Strom der Gegenbatterie durch *c* und *d* auf; er geht von *K* über 5 zur Erde, andererseits aber von *Z* nach *w*, *f* und *e* des Switch, der Leitung 3, Taster, Leitung 2, Umschalterstöpsel 1, Leitung 1, Galvanometer, Kabel nach London. Hier durch das Galvanometer, den Umschalter, nach dem Taster, von da nach *e* des Switch und dem Contakt *u* (Fig. 228) nach dem Relais und zur Erde.

Eine halbe Sekunde etwa später hat in Amsterdam die Feder *f* den Contakt *w* wieder verlassen, und der alte Stromweg durch das Relais über den Contakt *u* ist wieder hergestellt.

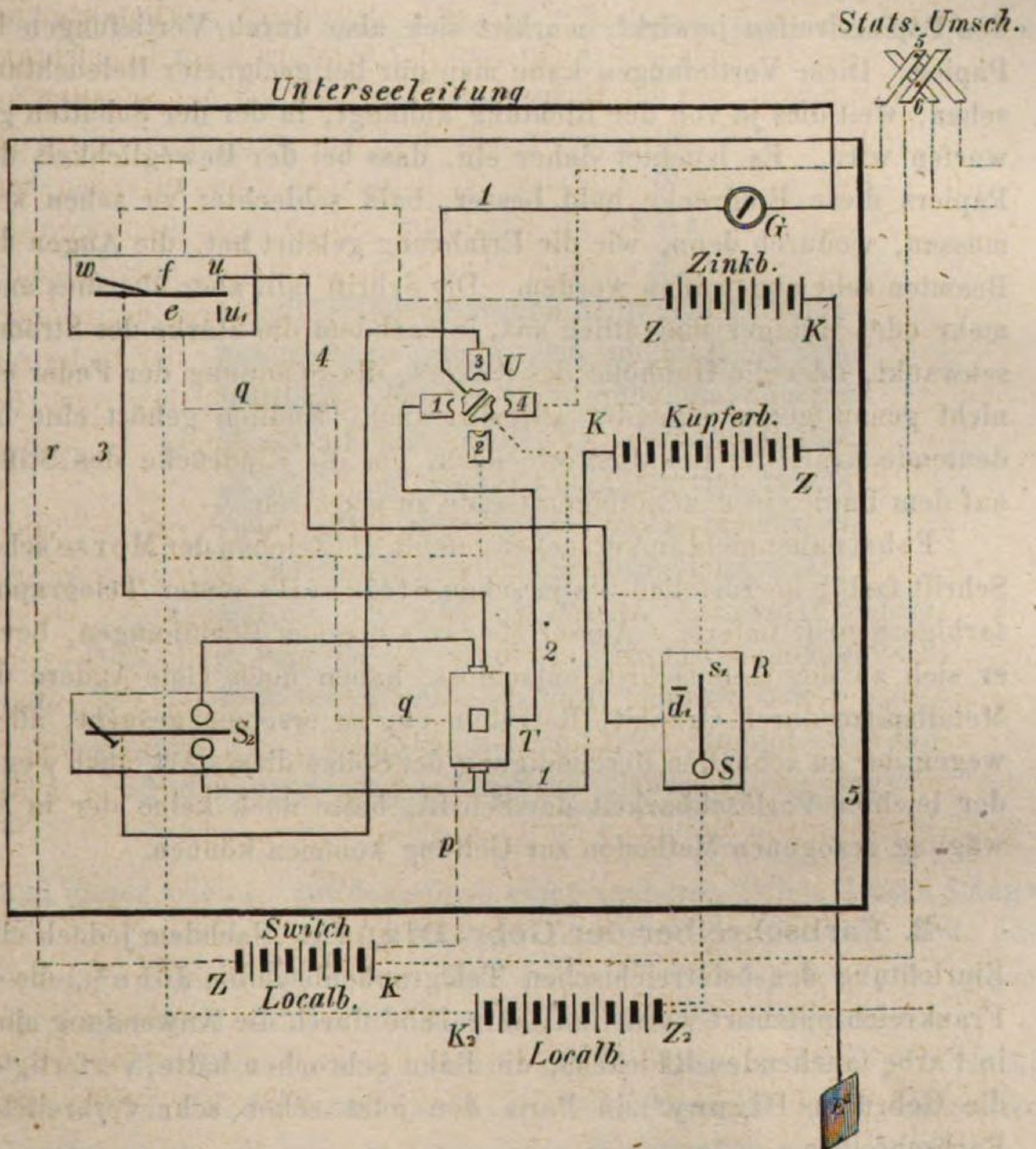
5. Die Uebertragung. Für die Uebertragung der oberirdischen auf die submarine Leitung findet dann bei Anwendung der Apparate von Varley folgende Einrichtung statt. Vor allem ist zu bemerken, dass neben dem eben beschriebenen vollständigen Morseapparate in Amsterdam noch ein zweiter sich befindet, der die Endstation der oberirdischen Leitung bildet, welche von Berlin dorthin kommt. Dieser Apparat, welcher in Fig. 230 rechts neben demselben sich anschliessend gedacht werden kann, hat natürlich keinen Varley'schen Taster und keinen Switch. Soll nun z. B. von Berlin nach London direkt telegraphirt werden, so muss in Amsterdam von der oberirdischen zur submarinen Leitung übertragen werden. Für diesen Fall ist die Verbindung beider Apparate folgende.

Der Apparatumschalter ist in 3 und 4 gestöpselt, während der Stationsumschalter die Stöpsel in 5 und 6 hat. Von Berlin kommt der Strom nach dem Morseapparat ohne Switch, welcher mit dem der beistehenden Fig. 230 mit dem Switch eine gemeinsame Localleitung, also gemeinsame Leitung ihrer beiden Localbatterien hat. Hier durchströmt der Linienstrom von Berlin den Schreibhebel und geht durch das Relais zur Erde. Dadurch sind die Lokalketten geschlossen, und der Strom geht von dem Z_1 des einfachen Apparates nach 6 des Stations-Umschalters, von da zum *KZ* der Switchbatterie, über *r*, den Switch und Morse S_2 zur Lokalbatterie K_2 und Z_2 und von da zur anderen Lokalbatterie

K_1 zurück. So sind also die Anker des Switch und des Schreibhebels angezogen, und die Schrift wird nach London befördert.

Man sieht ein, dass das Verfahren bei der Einrichtung Varley's einfacher ist als bei dem Submarineschlüssel von Siemens und Halske,

Fig. 230.



denn bei jenem werden durch den Schlüssel die Zeichen ohne Weiteres wie gewöhnlich gegeben, während bei diesem doch erst eine Drehung um die Axe des Hebels stattfinden muss. Allein die Einrichtung mit diesem drehbaren Hebel ist so viel einfacher als die Varley's, dass man doch wohl in den meisten Fällen derselben den Vorzug geben wird.

§ 5.

Der Farbschreiber.

1. Die Farbschrift. Die Schrift mittelst des Morse'schen Schreibhebels wird durch Eindrücken des Stiftes am Hebel in den sich bewegenden Papierstreifen bewirkt, markirt sich also durch Vertiefungen im Papier. Diese Vertiefungen kann man nur bei geeigneter Beleuchtung sehen, weil dies ja von der Richtung abhängt, in der der Schatten geworfen wird. Es leuchtet daher ein, dass bei der Beweglichkeit des Papiers diese Eindrücke bald besser, bald schlechter zu sehen sein müssen, wodurch denn, wie die Erfahrung gelehrt hat, die Augen der Beamten sehr angegriffen werden. Die Schrift fällt aber überdies auch mehr oder weniger undeutlich aus, je nachdem die Stärke des Stromes schwankt, oder die Hubhöhe des Ankers, die Spannung der Feder etc. nicht genau gegen einander adjustirt sind. Endlich gehört eine bedeutende Kraft der Lokalbatterie dazu, um die Eindrücke des Stiftes auf dem Papier in dem nöthigen Grade zu markiren.

Es hat daher nicht an Versuchen gefehlt, die Zeichen der Morse'schen Schrift farbig herzustellen, da ja schon Steinheil's erster Telegraph[1]) farbige Schrift lieferte. Ausser Morse's eigenen Bemühungen, bevor er sich zu der Reliefschrift entschloss, haben noch viele Andere die Metallspitze durch Graphit, Rothstein etc. zu ersetzen gesucht; allein wegen der zu schnellen Beschädigung der Spitze dieser Art, auch wegen der leichten Verlöschbarkeit der Schrift, hatte noch keine der in Erwägung gezogenen Methoden zur Geltung kommen können.

2. Farbschreiber der Gebr. Digney. Nachdem jedoch eine Einrichtung des österreichischen Telegraphenbeamten John[2]), die in Frankreich patentirt wurde, im Jahre 1856 durch die Anwendung eines in Farbe tauchenden Rädchens, die Bahn gebrochen hatte, verfertigten die Gebrüder Digney[3]) in Paris den jetzt schon sehr verbreiteten Farbschreiber.

Die Fig. 231 stellt die an dem Schreibhebel angebrachte Einrichtung zum Farbschreiben dar.

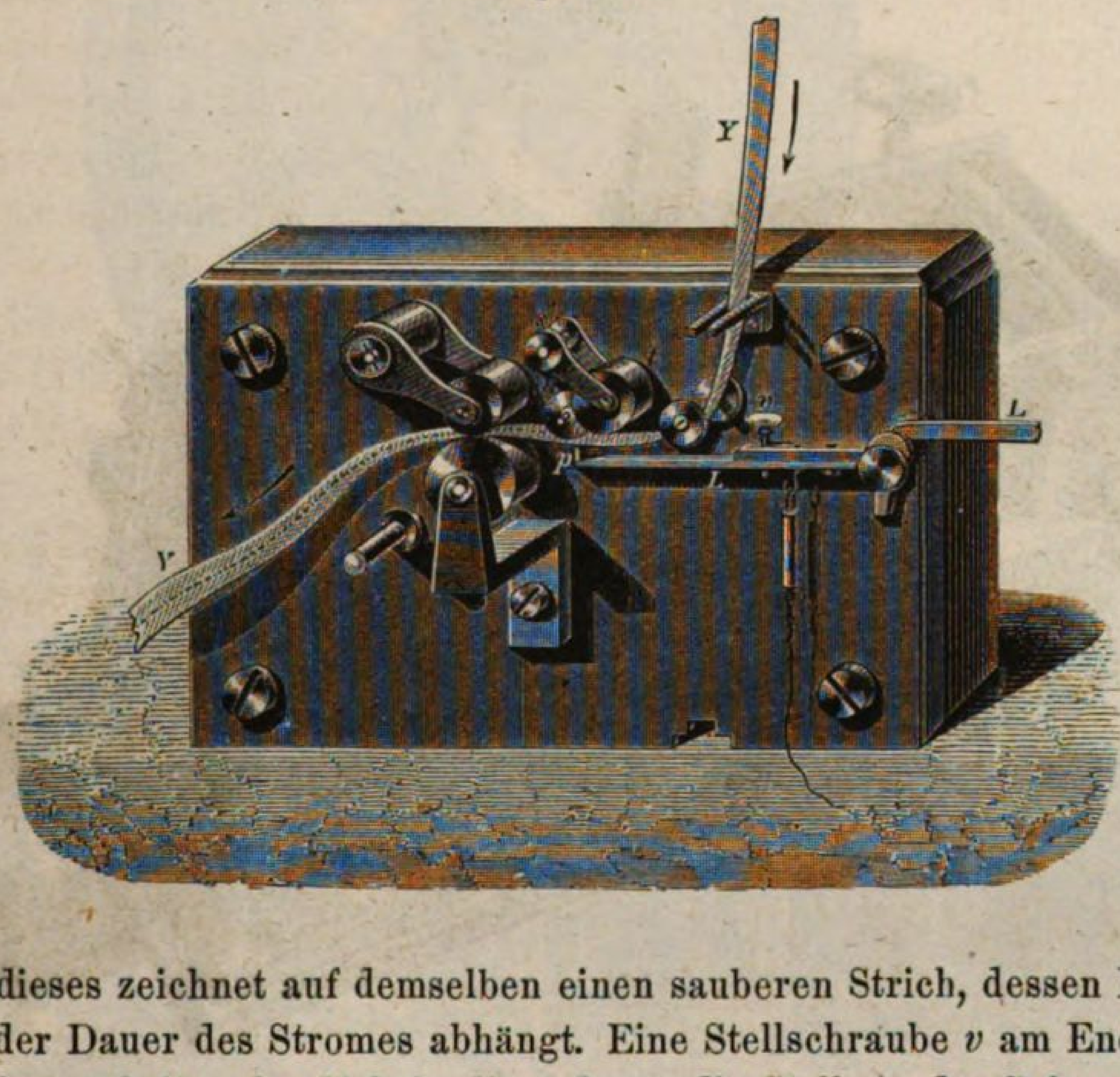
Bei *t* ist ein dicker, cylindrischer Ballen von Filz oder Tuch, der mit öliger Dinte getränkt ist, um seine Axe und den Zapfen *s* drehbar. Dieser Ballen berührt die kleine Metallscheibe *n*, die ebenfalls um ihre

[1]) Absch. V. § 4. [2]) Brix Journ. VI. p. 5. [3]) Ib. p. 6.

Axe drehbar ist, und befeuchtet sie an ihrem äusseren Rande mit der Dinte. Der Papierstreifen *yy*, der sich wie gewöhnlich durch das Uhrwerk abwickelt, bewegt sich dicht unter der Scheibe *n* fort, ohne sie zu berühren. Gegen diesen Papierstreifen reicht die Spitze *p* des Schreibhebels *L* dicht heran.

Wird nun dieser Schreibhebel durch den Strom angezogen, so drückt die Spitze *p* den sich bewegenden Papierstreifen gegen das Rädchen *n*

Fig. 231.



und dieses zeichnet auf demselben einen sauberen Strich, dessen Länge von der Dauer des Stromes abhängt. Eine Stellschraube *v* am Ende des massiven Theiles des Hebels dient dazu, die Stellung der Spitze gegen das Papierband und das Rädchen *n* entsprechend zu adjustiren.

Ist die Filzwelle erst gehörig mit der Dinte getränkt, so reicht eine täglich ein-, höchstens zweimalige Befeuchtung bei immerwährender Thätigkeit hin, dieselbe in genügender Wirksamkeit zu erhalten.

Aus der ganzen Vorrichtung ist klar, dass die Bewegung des Schreibhebels hier nur einen geringen Kraftaufwand erfordert.

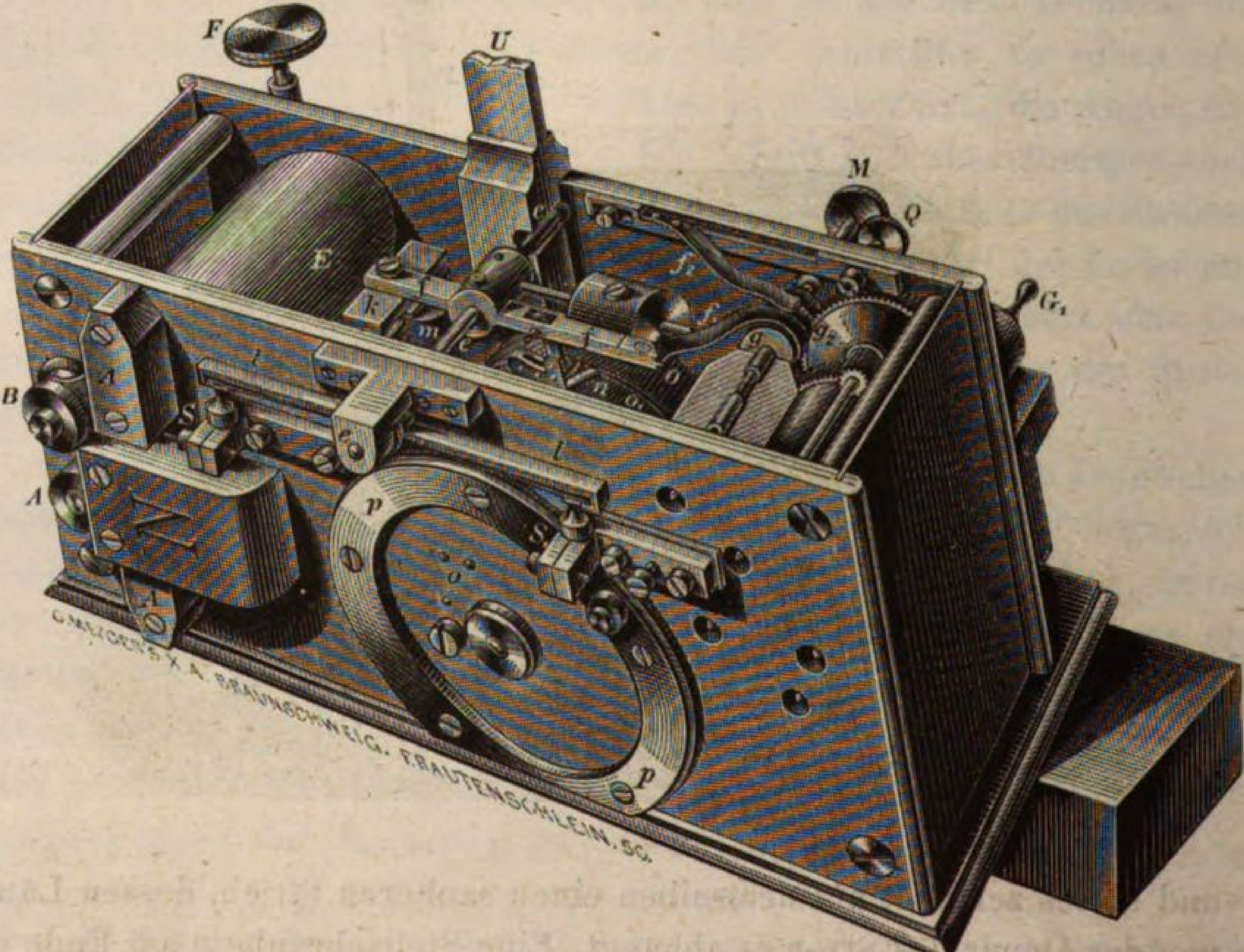
3. **Der Farbschreiber von Siemens und Halske**[1]) lösst ausser der Darstellung der Schrift noch die Aufgabe, bei der Ueber-

[1]) Brix Journal VI, pag. 160.

tragung die Stelle des Submarineschlüssels zu vertreten, und das zum Durchziehen des Papierstreifens erforderliche Laufwerk selbstthätig in Gang zu setzen und wieder aufzuhalten. Er besteht daher aus drei Haupttheilen, dem Laufwerk, dem Schreibmagneten und der Selbstauslösung mit Commutator.

Das Laufwerk befindet sich im Inneren des Apparates. Ein Theil desselben ist in der Fig. 232 zu sehen, welche einen Farbschreiber darstellt, dessen oberer Deckel mit der Papierrolle abgenommen ist.

Fig. 232.



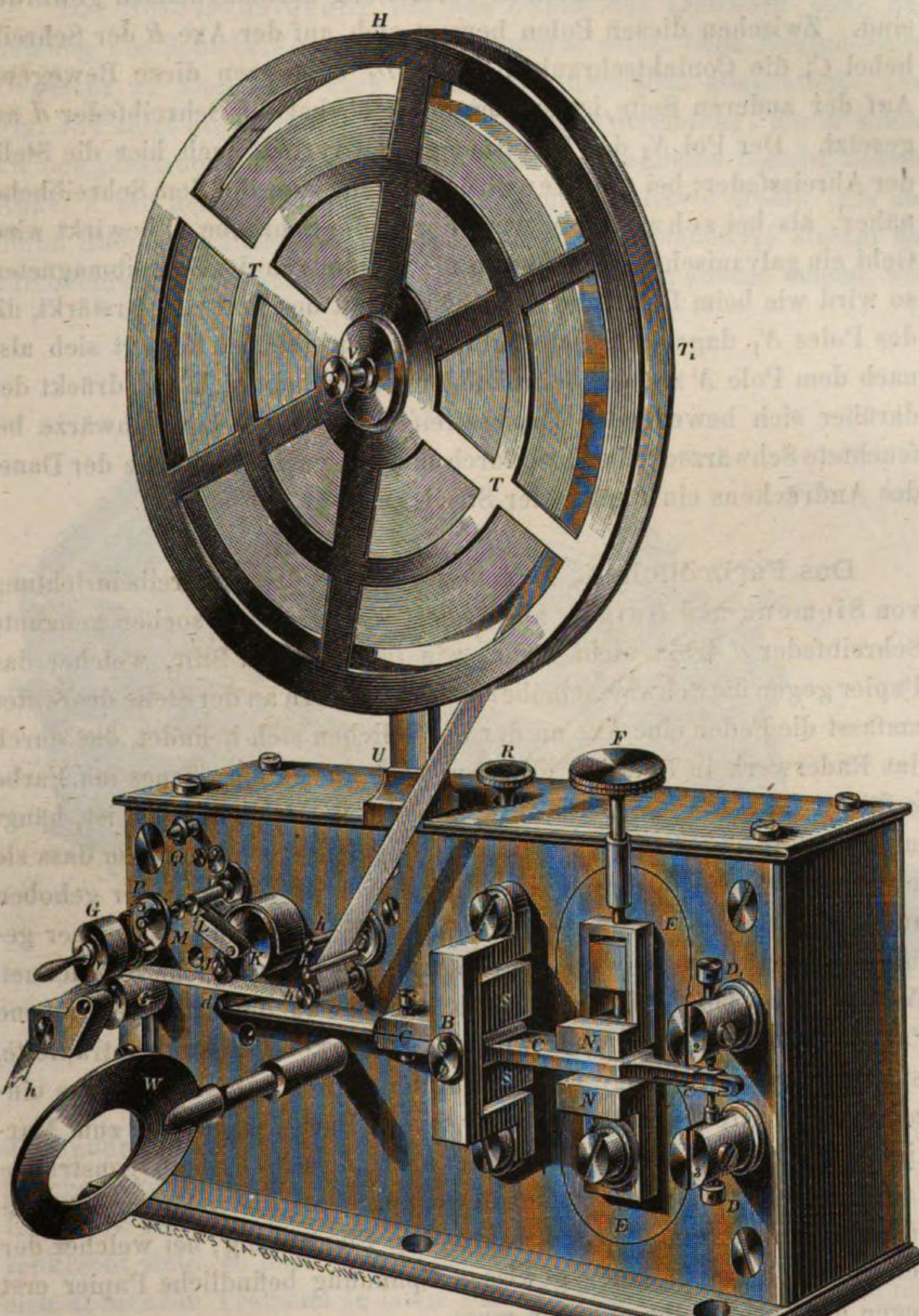
Das Laufwerk unterscheidet sich im Ganzen dadurch von den gewöhnlichen Laufwerken, dass dasselbe statt durch Gewicht und Kette mittelst einer Feder in der Trommel *o* gedreht wird. Es wird durch einen Schlüssel *w*, Fig. 233, aufgezogen, durch den Windfang bei *g* Fig. 232 geregelt und durch den Knopf *Q* gehemmt.

Die Papierführung ist deutlich aus der Fig. 233 *hh* und *G* zu ersehen, und nicht wesentlich verschieden von der bei Digney's Farbschreiber.

Der Schreibmagnet hat eine dem früher beschriebenen polarisirten Relais[1]) ähnliche Construction. Die Schenkel des Elektromag-

[1]) Siehe diesen Abschn. § 2, No. 10.

Fig. 233.



neten E liegen horizontal. In Fig. 232 ist der Anker A und der Nordpol N des Stahlmagneten, in Fig. 233 der aufgebogene Südpol S des Stahlmagneten zu sehen. Hier sieht man auch die beiden Pole $N N_1$ des

Elektromagneten, welche durch Vertheilung nordmagnetisch geworden sind. Zwischen diesen Polen bewegt sich auf der Axe *B* der Schreibhebel *C*; die Contaktschrauben *D* und D_1 begränzen diese Bewegung. Auf der anderen Seite ist an den Schreibhebel die Schreibfeder *d* angesetzt. Der Pol N_1 des Elektromagneten vertritt auch hier die Stelle der Abreissfeder; bei starken Strömen stellt man ihn dem Schreibhebel näher, als bei schwachen, was durch die Schraube *F* bewirkt wird. Geht ein galvanischer Strom durch die Windungen des Schreibmagneten, so wird wie beim Relais die Anziehungskraft des Poles *N* verstärkt, die des Poles N_1 dagegen geschwächt; der Schreibhebel bewegt sich also nach dem Pole *N* zu, die Schreibfeder *d* aber hebt sich und drückt den darüber sich bewegenden Papierstreifen gegen die mit Schwärze befeuchtete Schwärzscheibe *I*, wodurch denn je nach der Länge der Dauer des Andrückens ein Punkt oder Strich entsteht.

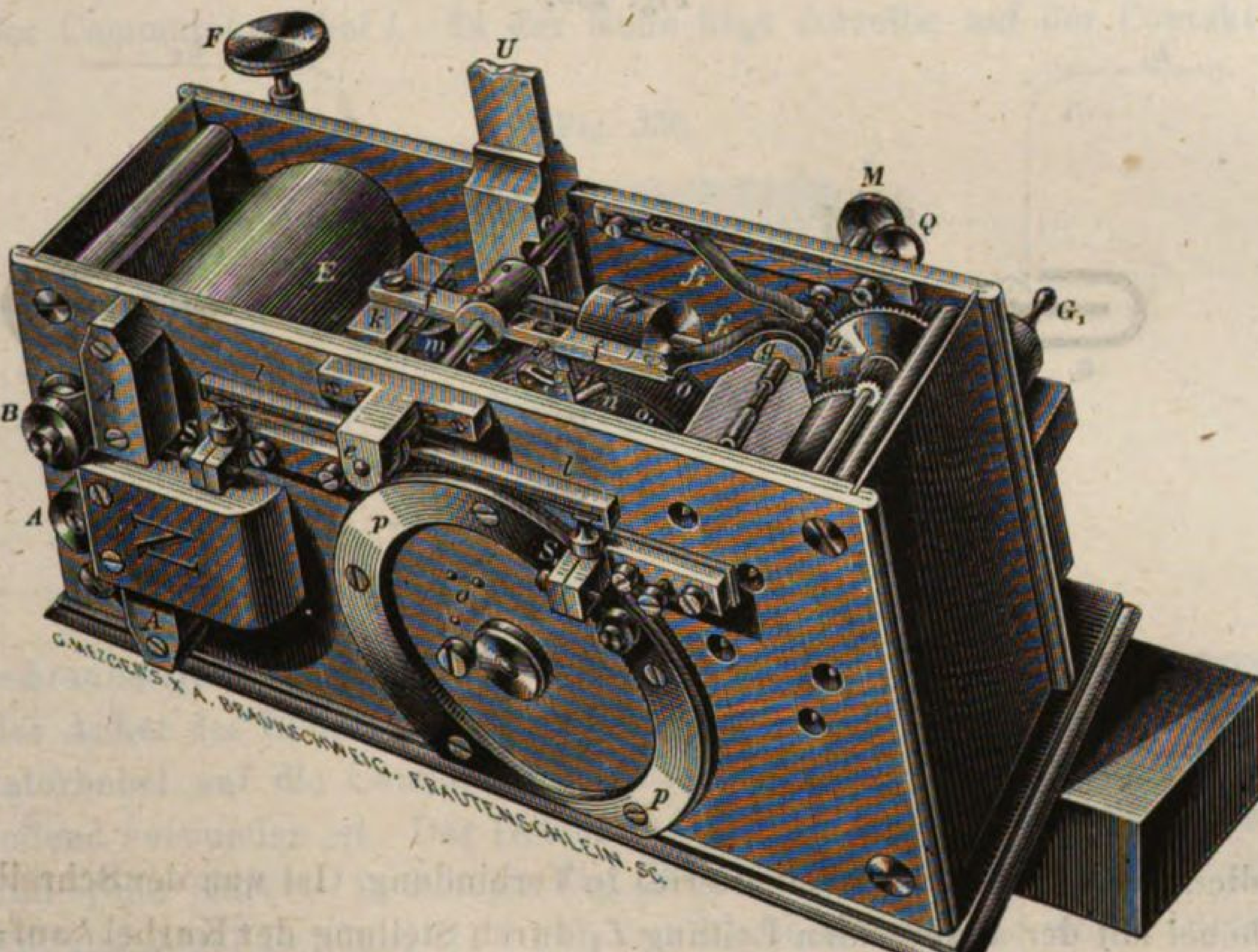
Das Farbröllchen. In neuester Zeit ist diese Schreibeinrichtung von Siemens und Halske abgeändert worden. Die soeben genannte Schreibfeder *d* trägt nicht mehr, wie früher einen Stift, welcher das Papier gegen die Schwarzscheibe *I* drückt, sondern an der Stelle des Stiftes umfasst die Feder eine Axe an der ein Röllchen sich befindet, das durch das Räderwerk in Rotation erhalten wird und in ein offenes mit Farbe gefülltes Gefäss taucht. Die Axe, auf der das Röllchen fest ist, hängt mit dem Räderwerk durch ein Universalgelenk zusammen, so dass sie mit dem Röllchen, während sie rotirt, durch die Schreibfeder gehoben und gesenkt werden kann, und in dieser Weise gegen das vorüber geführte Papier gedrückt wird, wo es kurze und lange Striche verzeichnet. Während also bei der früheren Einrichtung die auf die Walze gestrichene Farbe eintrocknete oder auch wohl bei zu starker Tränkung abträufelte, ist dies durch die jetzige Einrichtung unmöglich gemacht, da das eintauchende rotirende Röllchen stets so viel Farbe erhält, als zum Markiren der Zeichen nöthig ist. Die nach diesem Princip construirte Schreibvorrichtung erfordert zur Bewegung einen viel geringeren Kraftaufwand, als die unter Nr. 2 beschriebene Einrichtung, bei welcher der Schreibhebel das in einer gewissen Spannung befindliche Papier erst gegen die Farbscheibe anheben muss.

Die mit dem vorbeschriebenen Siemens'schen Farbröllchen versehenen Apparate sprechen deshalb mit viel grösserer Sicherheit an und liefern ausgezeichnete Schrift.

Das System ist von der Deutschen Telegraphen-Verwaltung allgemein angenommen.

Die **Selbstauslösung** hat den Zweck das Laufwerk ohne Benutzung des Schiebers *Q* durch den Apparat selbst beim Beginn einer Depesche zu lösen und nach Beendigung derselben anzuhalten. Die Fig. 334 zeigt die zu diesem Zwecke nöthige Vorrichtung, die in einem kleinen Elektromagneten *m* neben dem Schreibmagneten besteht, dessen Anker *k* mit dem Auslösungshebel *f* sich um die Axe *e* dreht. Am anderen Ende des Auslösungshebels ist die Friktionsfeder f_1, die auf die Elfenbeinwalze *g* drückt und dadurch das Laufwerk ebenso hemmt, wie

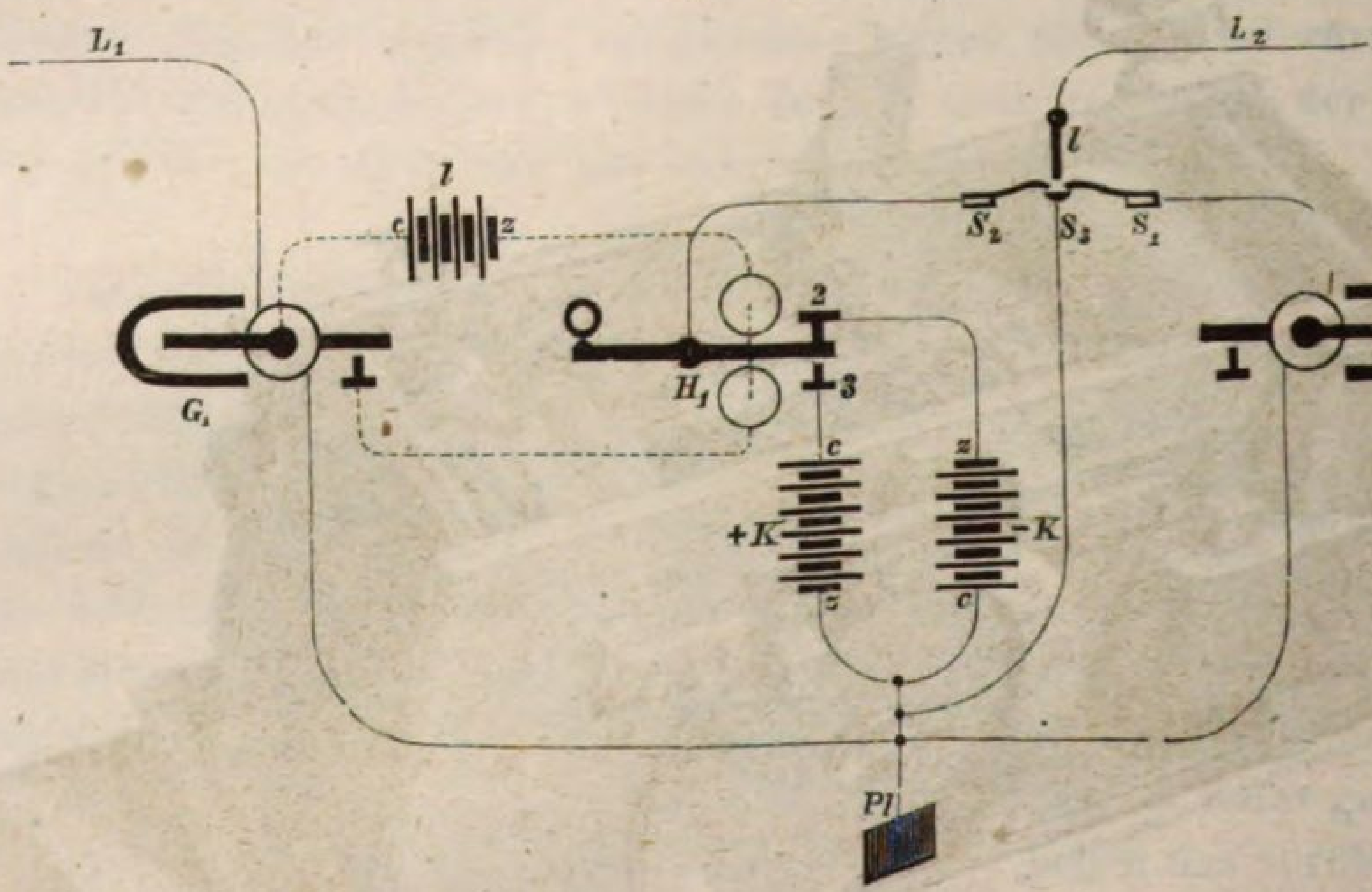
Fig. 234.



die Feder f_2 mittelst des Knopfes *Q*. Denkt man sich den Anker *k* angezogen, so hebt sich die Feder f_1 von dem Rädchen g_1 ab, und das Laufwerk setzt sich in Bewegung, in Folge dessen sich auch der Stiefel *n* senkrecht stellt, so dass er mit dem Absatze auf der darunter liegenden sich drehenden Trommel so lange tanzt, als das Telegraphiren dauert. Hört dies auf, so wird auch der Stiefel in Folge der Reibung von der Trommel wieder seitwärts mitgenommen, die Friktionsfeder f_1 senkt sich wieder auf die Walze *g*, und das Laufwerk ist gehemmt. Uebrigens kann auch die Hemmung durch Drücken auf den Knopf *R* Fig. 233, welcher den Anker *k* niederdrückt, bewirkt werden. Apparate mit dieser Einrichtung werden indess sehr wenig verwendet.

4. Uebertragung für submarine Leitungen mittelst des Farbschreibers. Wir haben bereits vorn gesehen, in welcher Weise Varley[1]) die Uebertragung für den Fall herstellt, wenn dieselbe zwischen einer oberirdischen und Submarin-Leitung stattfinden soll. Mit dem Farbzschreiber bewirken Siemens und Halske dies in einer Weise, wie die Fig. 235 schematisch darstellt[2]). Geht der Strom der Linie L_1 durch das Relais G_1, so wird die Lokalbatterie l geschlossen, und der Schreibapparat H_1 zieht an, so dass der Schreibhebel von dem Contakt *2* nach dem Contakt *3* geht. Mit *2* ist die Gegenbatterie, mit *3*

Fig. 235.



die Arbeitsbatterie (Linienbatterie) in Verbindung. Ist nun der Schreibhebel mit der abgehenden Leitung L_2 durch Stellung der Kurbel l auf s_2 verbunden, so kreist, wenn der Schreibhebel H_1 an dem Anschlage *2* liegt, ein negativer Strom in der Leitung L_2 im Wege: — K, z, *2*, H_1, s_2, l, L_2, zur anderen Station in die Erde, wogegen der positive Strom von — K über c zur Erde geht.

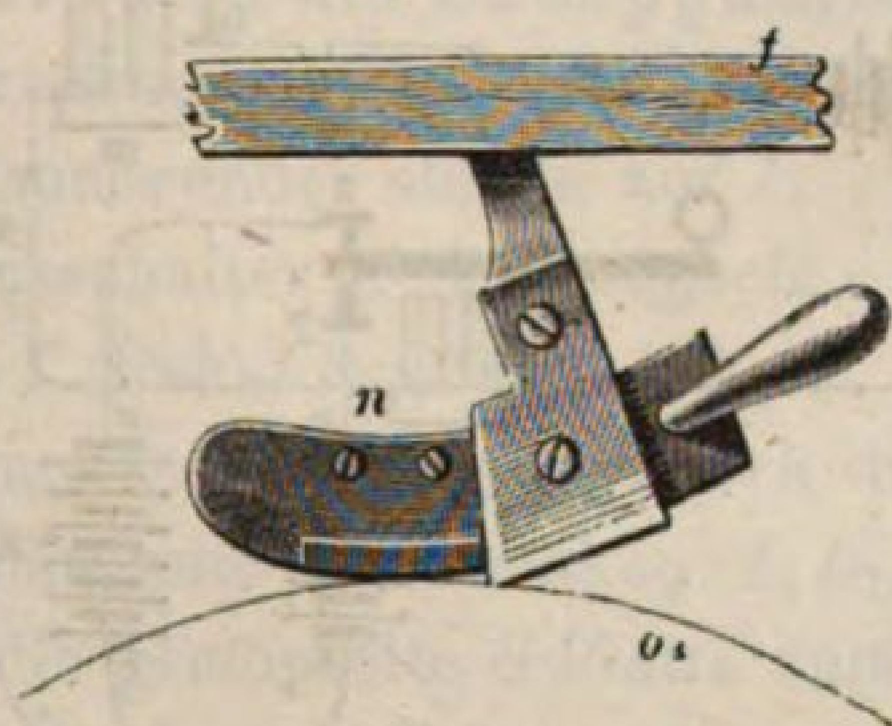
Ist dagegen der Schreibhebel H_1 an dem Contakt *3*, so kreist ein positiver Strom von der Batterie $+K$ über c, *3*, H_1, s_2, l und L_2, zur anderen Station und dort in die Erde, während hier auf der Station selbst der entgegengesetzte Strom von $+K$ aus über z zur Erde geht. Man sieht also, dass der Apparat alle empfangenen Zeichen weiter giebt, und dass unter den gegebenen Bedingungen die Entladungen nicht durch

[1]) Siehe § 11, No. 6. [2]) Brix Journal VI, pag. 163.

das Relais gehen können, da die Leitung nicht mit dem Punkte s_1 in Berührung ist. Denkt man sich aber für den Empfang einer Depesche das Relais G_2 wieder eingeschaltet, indem man die Kurbel von s_2 nach s_1 bewegt, so streift die Kurbel l unterwegs den Endcontakt s_3, und die Leitung wird entladen, bevor sie mit dem Relais in Berührung kommt.

In dieser Weise ist der Vorgang bei der Uebertragung veranschaulicht, allein er kann so nicht praktisch ausgeführt werden, weil das Umschalten mit der Hand zu wenig Sicherheit gewährt. Mittelst des vorliegenden Schreibapparates geschieht es durch den Apparat selbst. Auf der hinteren Seite des Apparates Fig. 232 bewegt sich nämlich auf der Axe e ausser dem im Inneren liegenden Auslösungswechsel f auch noch der Commutatorhebel l. In der Ruhe liegt derselbe auf der Contakt-

Fig. 236.

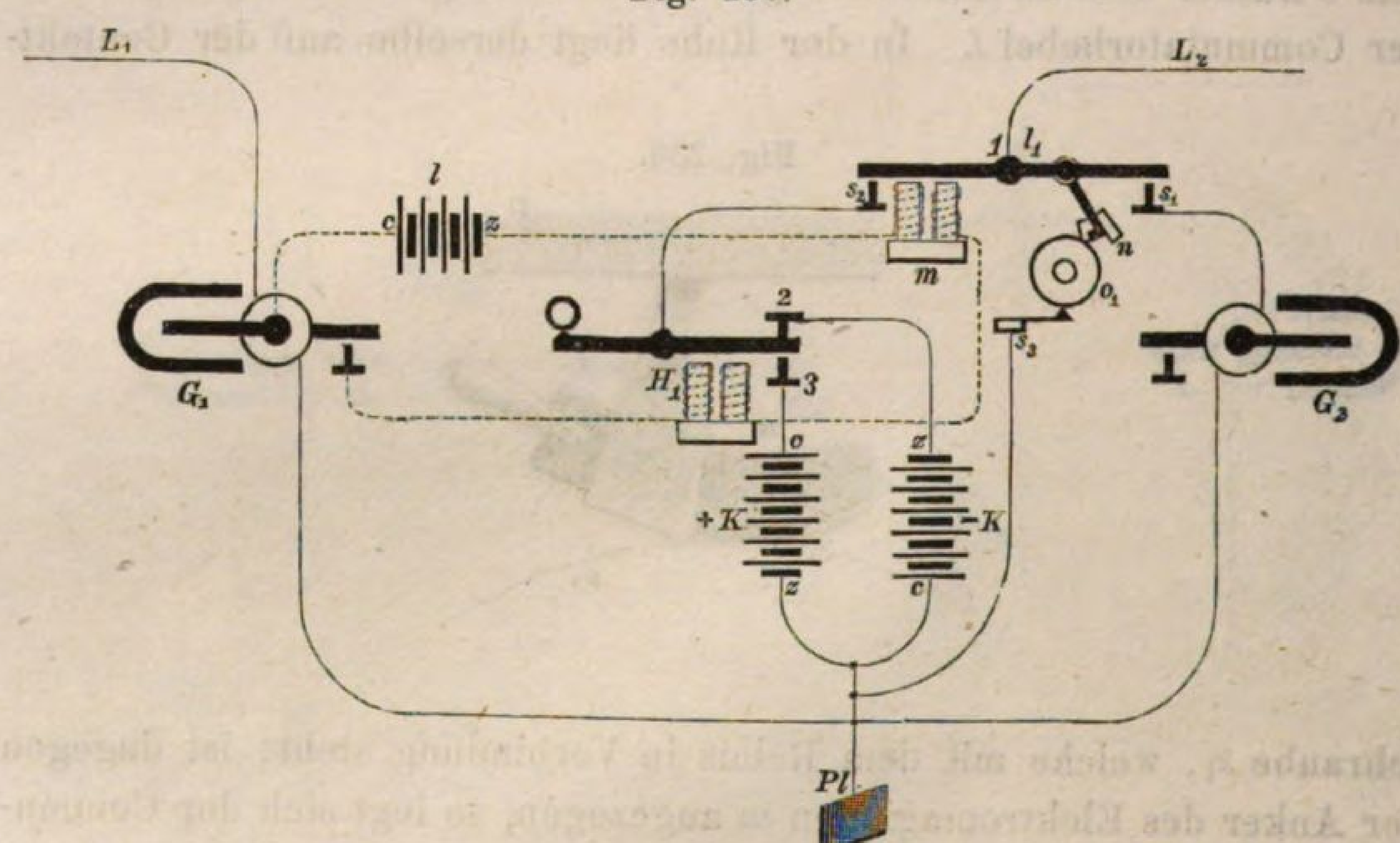


schraube s_1, welche mit dem Relais in Verbindung steht; ist dagegen der Anker des Elektromagneten m angezogen, so legt sich der Commutatorhebel auf die Contaktschraube s_2, welche mit dem Schreibhebel leitend verbunden ist. Der Hebelarm l vermittelt also die Stellungen s_1 und s_2 der Kurbel l in Schema Fig. 235, nicht aber die Stellung s_2 zur Entladung der Leitung, die durch den Stiefel n vermittelt wird. Dieser Stiefel, den Fig. 236 in der Seitenansicht vergrössert zeigt, ist nämlich an der Spitze und am Absatze, nicht aber in der Mitte der Sohle, isolirt. In ruhender oder tanzender Stellung findet also keine leitende Verbindung zwischen dem Stiefel, d. h. dem Hebel f und der Trommel O statt; sobald aber nach Beendigung der Depesche der Stiefel seitwärts abgleitet, kommt der leitende Theil der Sohle mit dem isolirten Platinring O_1 der Trommel in Verbindung und durch die Feder s_3 auch mit der Erde. Erst später, wenn die isolirte Spitze des Stiefels an der Trommel anliegt, wird schliesslich auch die Verbindung des Hebels l mit der Schraube s_1, d. h. mit dem Relais hergestellt.

Hiernach würde das Stromschema der Fig. 235 sich in der Weise

der Fig. 237 darstellen. In der Ruhe geht der Strom von der sprechenden L_2 nach l_1 s_1 G_2 zur Erde. Es ist das Relais eingeschaltet. Wird aber durch die Leitung L_1 der Schreibapparat H_1, also auch der Auslösungsapparat *m* angezogen, so bringt dieser den Hebel l_1 auf den Contakt s_2 und unterbricht s_1. Alsdann ist der Stromweg folgender: Von *c* der Säule + *K* über *3*, Schreibhebel H_1, s_2, *l*, L_2 nach der anderen Station zur Erde, wogegen das *z* des + *K* direkt zur Erde führt. Liegt aber der Schreibhebel an dem Contakt *2*, so ist der Weg von *c* der Säule — *K* zur Erde und von *z* der — *K* über *2*, Schreibhebel H_1, s_2, l_1, L_2 zur

Fig. 237.



Gegenstation und zur Erde. Liegt schliesslich die leitende Sohle des Stiefels auf dem Platinringe O_1 der Trommel, so hat man die Verbindung L_2, *n*, o_1, s_2, Erde.

Die Translationsfeder. Um die Zeit für den Weg des Schreibhebels bei wiederholter Uebertragung möglichst kurz zu machen, haben Siemens und Halske unter dem Schreibhebel Fig. 232 noch eine Feder *c* angebracht, welche sogleich mit dem Contakt *3* in Verbindung kommt, sobald der Hebel sich zum Anzuge nur etwas senkt, und denselben erst wieder im letzten Momente beim Zurückgehen in die Ruhelage verlässt. Durch diese Einrichtung wird, wenn die Zeichen viele mit einander verbundene Stationen durchlaufen sollen, der Uebelstand vermieden, dass man möglichst langsam telegraphiren muss, um auf der Endstation noch ein merkliches Zeichen hervorzubringen.

5. Der vollständige Submarin-Apparat. Um die Stromwege für die verschiedenen Schaltungsfälle leicht übersehen zu können, sind in Fig. 238 sämmtliche Theile des Apparates mit ihren Stromverbindungen schematisch zusammengestellt. Die Hauptheile sind:

A Blitzableiter,
B Galvanoskop,
C Translationsumschalter,
D Submarinschlüssel,
F Stromwender,
G Relais,
H Schreibapparat,
M Ausschalter.

Wir betrachten folgende drei verschiedene Stellungen der Apparate:

1. Die Apparate sind als Endapparate geschaltet.
 Beide Translationsschalter stehen auf *S*.
 Beide Stromwender stehen auf *1*.
 Beide Ausschalter sind gestöpselt.

A. Der Apparat *I* (links) empfängt Schrift. Der von der Gegenstation über L_1 kommende Strom geht durch die Platte *1* des Blitzableiters *A* zur *L*-Klemme, zum Galvanoskop (*1*, B_1, *2*), zum Translationsumschalter C_1, über die gestöpselte *S*-Platte zum Schlüssel (*1*, D_1, *4*), zum Stromwender (*1*, F_1, *3*) zum Relais (*1*, G_1, *2*), wieder zum Stromwender (*2*, F_1, 4), zur *Z*-Klemme, zum gestöpselten Ausschalter M_1, zur *E*-Klemme in die Erde.

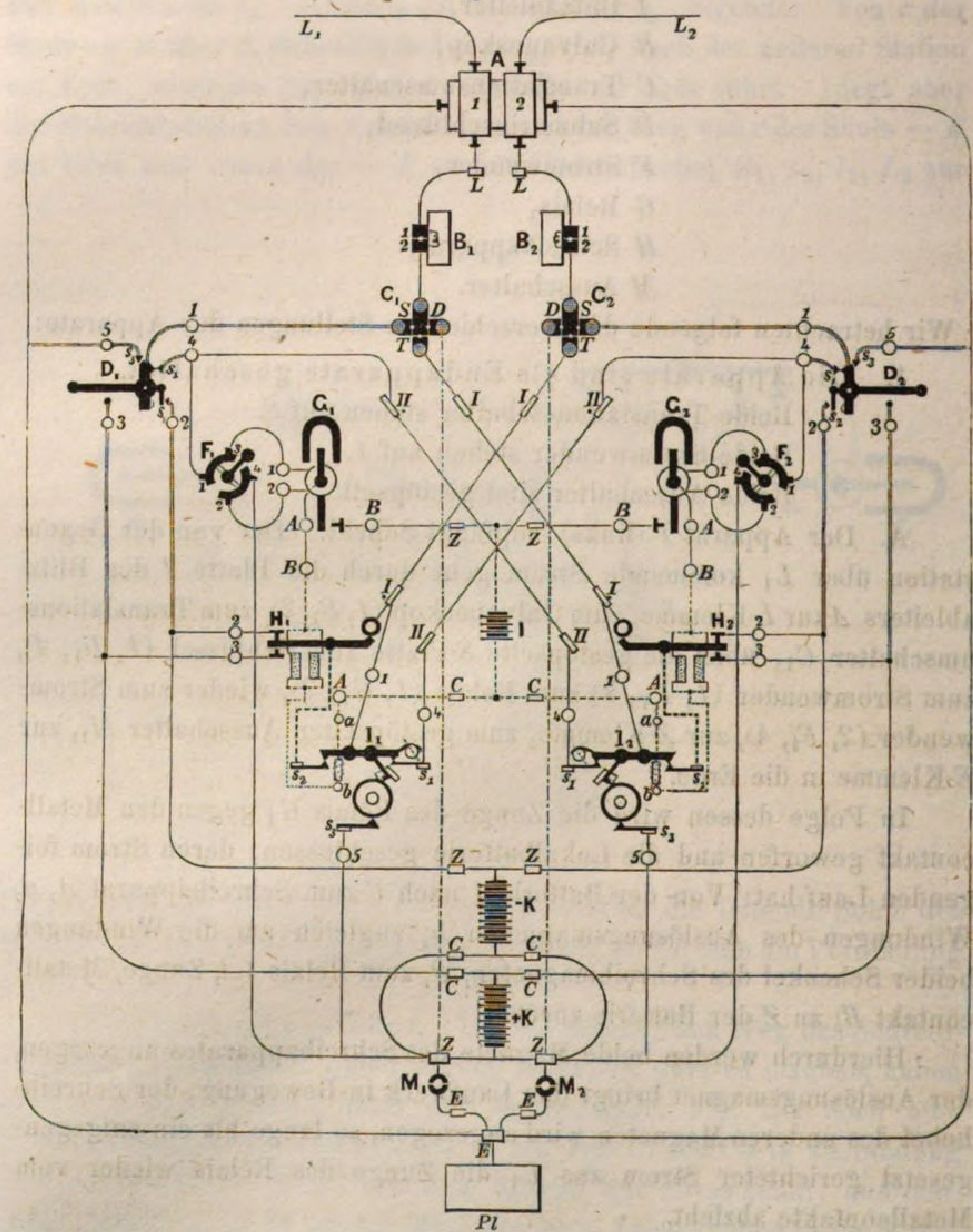
In Folge dessen wird die Zunge des Relais G_1 gegen den Metallcontakt geworfen und die Lokalbatterie geschlossen, deren Strom folgenden Lauf hat: Von der Batterie *1* nach *C* zum Schreibapparat *A*, *a*, Windungen des Auslösungsmagneten *b*, zugleich um die Windungen beider Schenkel des Schreibmagneten, *B*, zum Relais (*A*, Zunge, Metallcontakt *B*) zu *Z* der Batterie zurück.

Hierdurch werden beide Magnete des Schreibapparates angezogen, der Auslösungsmagnet bringt das Laufwerk in Bewegung, der Schreibhebel des anderen Magneten wird angezogen, so lange bis ein entgegengesetzt gerichteter Strom aus L_1 die Zunge des Relais wieder vom Metallcontakte abzieht.

B. Der Apparat *I* giebt Schrift. Der Schlüssel D_1 wird seitwärts gedrückt, so dass die Feder s_2 sich gegen den Contakt *2* legt. Dadurch wird die Gegenbatterie — *K* geschlossen und der Strom nimmt seinen Weg; der Pol *C* der — *K* führt zur Erde, dagegen der *Z*-Pol nach *2*, s_2, D_1, *1*, *S*, C_1, *2*, B_1, *1*, *A*, durch L_1 nach der anderen Station. Es

kreis't also jetzt ein **negativer** Strom durch die Leitung und das Relais des Gegenapparates, die Zunge desselben wird also an dem Steincontakt noch festgehalten.

Fig. 238.



Drückt man aber jetzt den Schlüssel D_1 nieder, so wird die Verbindung mit der Feder s_2 gelöst und dafür der Schlüsselhebel mit dem Contakt *3* verbunden, wodurch denn die Arbeitsbatterie $+K$ geschlossen wird, deren Strom folgenden Lauf nimmt. Von C nach *3*, D_1, *1*, S, C_1,

2, B_1, *1*, *L*, *A*, in die Leitung L_1 nach dem Relais der anderen Station und in die Erde, dagegen führt der andere Pol wie gewöhnlich auf der Station selbst zur Erde. Dadurch wird das Relais des Gegenapparates, weil es jetzt vom entgegengesetzten Strome durchflossen wird, geschlossen, und der Schreibapparat wirkt wie vorher.

2. Die Apparate übertragen. Wie wir das bereits früher gesehen, ist die Verbindung zweier Apparate behufs der Uebertragung eine der complicirtesten, und wir wollen statt aller anderen einfacheren noch diese hier besprechen.

Für diesen Fall wird der positive Strom der Gegenstation folgenden Weg geführt: L_1, *A*, *L*, *1*, B_1, *2*, C_1, *T*, *I* zum Apparat *II* und an dessen Schreibapparat H_2 nach *1*, l_2, s_1, *4*, *II* dann zurück nach Apparat *I* über *II* nach *4*, *1*, F_1, *3*, *1*, G_1, *2*, *2*, F_1, *4*, *Z*, *M* zur Erde.

Hierdurch werden mittelst des Schreibhebels die Arbeits- und Gegenbatterie ebenso geschlossen, wie durch den Submarinschlüssel, wenn der Apparat Schrift giebt; allein der Auslösungshebel l_1 vermittelt den Contakt bei s_2, und die frühere Verbindung bei s_1 ist aufgehoben, wodurch zugleich von l_1 aus der Weg zum Relais G_2 für die Entladungsströme der Batterie + *K* und — *K* unterbrochen ist.

Ist die Uebertragung beendet, oder wird der Auslösungshebel nicht mehr angezogen, so gleitet der Stiefel auf der Trommel seitwärts ab, giebt dadurch Endcontakt und entladet somit die Leitung. Schliesslich wird dadurch noch das Laufwerk angehalten, indem sich das Ende des Auslösungshebels auf die Frictionsscheibe der Windfangaxe legt.

6. Der Farbschreiber von Wernicke. Vor längerer Zeit ist dem berliner Mechaniker Wernicke die Construction eines Farbschreibers patentirt worden[1]), welcher sich von den bisher genannten im Wesentlichen dadurch unterscheidet, dass die Zeichen durch einen axial durchbohrten und mit Farbe gefüllten Schreibstift gegeben werden. Die Figur 239 zeigt einen Morseapparat der früher beschriebenen Art, welcher in einen Farbschreiber dem genannten Patente gemäss umgeändert ist.

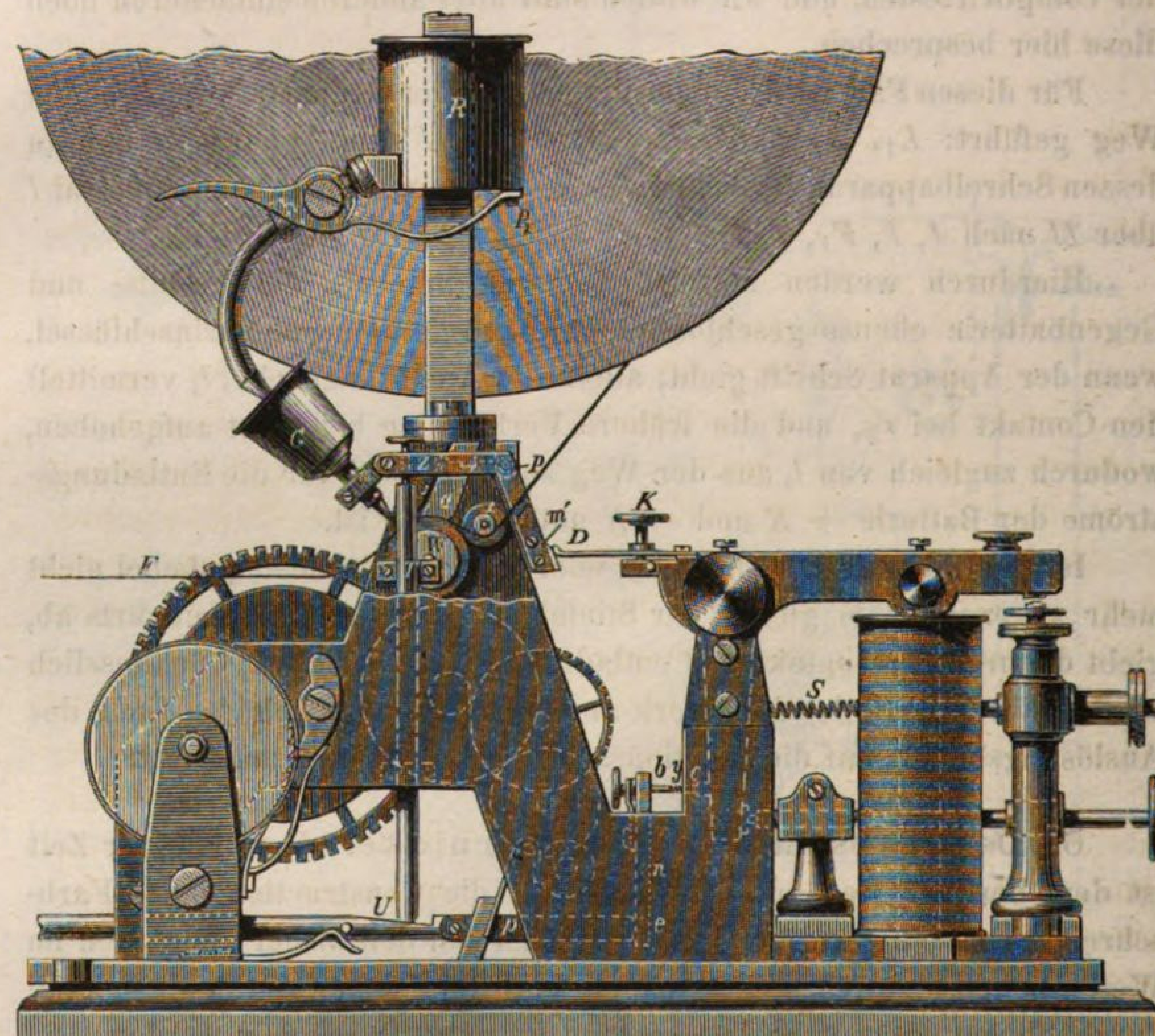
Der Papierstreifen nimmt seinen Weg von der Papierrolle um die Führungsrolle *X* und die Walze *W*. Ueber *W* ist ein Messingstück *a* angebracht, das dicht über dieser Walze steht, so dass der Papierstreifen eben noch lose zwischen beiden hindurch gehen kann. Die Fortsetzung des Führungsstückes *a* bilden zwei schwache Federn, welche

[1]) Brix Journ. VIII. p. 119.

das Papier gegen die Walze drücken, so dass also hier die zweite Walze wegfällt. Zwischen diesen beiden Federn reicht der Schreibstift von oben herab und fällt beim Schreiben auf das Papier nieder.

Der Schreibstift, welcher von dem Kloben *m* gehalten wird, trägt nach oben das Schreibgefäss *G*, und wird mittelst eines Schraubengewindes in den Kloben eingeschraubt. Das Schreibgefäss ist im Innern

Fig. 239.



mit losem, wolligem Haar ausgefüllt, welches die Flüssigkeit hält und nur bei der Berührung des mit einer sehr feinen Oeffnung versehenen stählernen Schreibstiftes mit dem Papierstreifen vermöge der Adhäsion soviel Farbe herauslässt, als zur Hervorbringung eines Punktes oder Striches nöthig ist. Das Haar im Gefäss wird mit so viel Farbe getränkt, wie es aufnehmen kann, ohne dieselbe aus dem Schreibstifte in der Ruhe ausfliessen zu lassen. *R* ist ein mit Dinte gefülltes Reservoir, aus dem man durch Drücken auf den unten angebrachten Hahn beliebig viel Farbe in das Schreibgefäss fliessen lassen kann.

Der Kloben *m*, welcher den Schreibstift trägt, ist fest mit einem Winkelhebel *Z* verbunden, der um *p* drehbar ist. Gegen ein Stahlstück *m'* auf dem nach unten gehenden Arme des Hebels *Z* drückt in der Ruhelage des Schreibhebels ein biegsamer Fortsatz *D* desselben, und hält so den Schreibstift vom Papiere fern.

Wird nun der Schreibhebel vom Magneten angezogen, so hebt sich *D* und der Schreibstift fällt durch sein eigenes Gewicht auf das Papier nieder, welches unter ihm fortgeführt wird. So entsteht die Schrift.

Ausser dieser Haupteinrichtung des Wernicke'schen Farbschreibers sind nun noch einige weniger wesentliche Vorrichtungen zur Vermeidung kleiner Uebelstände getroffen. In Folge der oben beschriebenen Einrichtung würde beim Anruf von einer anderen Station der Schreibstift gegen das Papier schlagen und dasselbe beschmutzen. Damit dies verhindert werde, bevor sich das Laufwerk in Bewegung setzt, ist der Stab *T* angebracht, welcher bei *U* auf dem Schieber der Windfangarretirung aufsteht. Beim Arretiren des Laufwerks wird daher dieser Stab *T* gehoben und verhindert so durch die obere Schraube den Hebel mit dem Schreibstift die Bewegungen des Schreibhebels mitzumachen.

Man sieht, dass der Schreibhebel beim Zurückgehen in seine Ruhelage das Uebergewicht des Schreibgefässes *G* mit überwinden muss, wenn der Schreibstift gehoben werden soll. Dies wird durch die Kraft der Spiralfeder *S* bewirkt, welche daher stärker als gewöhnlich gespannt sein muss. Der Schreibmagnet hat desshalb keine grössere Kraft zu üben, wenn er den Hebel in Bewegung setzt, weil ja eben jenes Uebergewicht des Schreibgefässes die Bewegung des Hebelankers zum Magneten hin in demselben Maasse unterstützt, als die Feder beim Zurückgehen kräftiger wirkt. Wird nun aber die Wirkung des genannten Uebergewichts auf den Schreibhebel durch den Stab *T* aufgehoben, so wirkt nun bei schwachen Strömen, wenn der Farbschreiber arbeitet, die Feder *S* zu stark, als dass in diesem Falle der Magnet den Anker anzuziehen vermöchte, und man würde alsdann immer die Feder zurückzuspannen haben, wenn man bei Arretirung des Laufwerks und des Schreibstiftes den Anruf einer Station hören wollte.

Um dies zu verhindern wird die Schraube oben bei *T* so gestellt, dass sie bei arretirtem Laufwerk nicht bis auf den Stab *T* herabreicht, sondern erst dann auf denselben stösst, wenn der Anker auf halbem Wege zum Elektromagneten ist. In diesem Moment verlässt dann *D* erst den Winkelhebel *Z*, und nun ist der Magnet bereits im Stande, die Spannung der Feder zu überwinden.

Denselben Zweck, die Wirkung des Gefässes auf den Schreibhebel

zu ersetzen, hat der Verfertiger auch noch auf anderem Wege erreicht. Eine der Spiralfeder *S* entgegen wirkende Feder ist an den um *n* drehbaren Hebel *b e* befestigt. Dieser Hebel wird durch die Verlängerung des Schiebers der Windfangarretirung ein wenig um seine Achse gedreht, wenn man das Laufwerk arretirt. In diesem Falle wird die Feder *y* gespannt und muss dann mittelst der Schraube so gestellt werden, dass sie gerade die Wirkung des gehemmten Schreibstiftes ersetzt. Ist der Windfang nicht gehemmt, so ist diese Vorrichtung ausser Thätigkeit, weil dann der Schieber nicht den Hebel *b e* dreht.

7. Vorrichtung von Guillemin. Vor einigen Jahren sind von Guillemin Versuche mit dem Farbschreiber über das Maximum der telegraphischen Elementarzeichen angestellt worden, welche in einer gegebenen Zeit hervorzubringen sind.[1])

Als Schreibvorrichtung wendet Guillemin vier Räder von 25^{cm} Umfang an, welche von einer Axe getragen werden. Eins dieser Räder macht Punkte, ein zweites Striche, während die beiden anderen den Draht nach jedem Zeichen entladen.[2]) Durch diese Einrichtung hat er es möglich gemacht, die beiden Wörter France und Paris, welche in dem Morse'schen Alphabet das Mittel aller französischen Wörter darstellen, in einer Minute 30 Mal auf einer 570 Kilometer langen Strecke bei schönem Wetter zu telegraphiren. Bei starkem Regen telegraphirte man in einer Minute mit Leichtigkeit 40 Worte. Von Paris nach Nancy wurden in derselben Zeit 60 bis 70 Worte gesandt, und auf einem Drahte nach Havre von 450 Kilometer Länge wurde die Geschwindigkeit bis auf 75 Worte während der Minute gesteigert.

Dies letztere, sagt der Berichterstatter, ist 6 mal so schnell als gewöhnlich, wo man als Mittel 12 bis 15 Worte in der Minute befördert. Macht man mittelst des Guillemin'schen Apparates nur Punkte, so kann man in einer Sekunde deren 35 bis 40 hervorbringen.

Für denselben Draht ist das Verhältniss der Dauer der Berührung zur Zeit der Unterbrechung verschieden nach der Güte der Isolirung der Linie. Man kann die Zeit der Berührung verringern, bei guter Isolirung, muss sie aber vergrössern bei bedeutenderem Stromverlust. Da der Apparat eine Aenderung dieser Zeit durch Drücken von Federn gegen die genannten Räder nach Belieben möglich macht, so lässt sich immer die möglichst grösseste Geschwindigkeit erzielen.

Der Entladungsräder muss man sich besonders bedienen, wenn die

[1]) Cosmos XIX. 344. [2]) Siehe Absch. IV. § 7 No. 1. und diesen Absch. § 2.

Isolirung des Drahtes gut ist, bei schlechter Isolirung werden dieselben unnütz, und man befördert dann weniger sicher und schnell. Ueberhaupt aber ist es nicht nöthig zwischen je zwei Elementarzeichen den Draht vollständig zu entladen, dies würde der Schnelligkeit des Zeichengebens hinderlich sein. Es genügt vielmehr bestimmte Variationen in der Intensität des den Magneten erregenden Stromes hervorzubringen.

„Man kann," schliesst Guillemin seinen Bericht über den Apparat, „diese grossen Geschwindigkeiten nur mittelst des automatischen Zeichenmachers erhalten, welcher erlaubt nach Belieben die Dauer der Zeichen und der sie trennenden Intervalle zu variiren, und die Entladung des Drahtes in den geeigneten Gränzen zu begünstigen."

8. Morse-Apparate mit Ruhestrom. Wir haben bereits vorn bei der Besprechung des Kramer'schen Telegraphen[1]) der Einrichtung Erwähnung gethan, bei welcher im Ruhezustande die Linie vom Strome durchflossen, und die Bewegung der Apparate durch die Unterbrechung desselben herbeigeführt wird. Wir haben auch gesehen, dass der erste nach Europa gebrachte Telegraph Morse's sich auf diese Einrichtung gründete.[2])

Soll diese Einrichtung auf den jetzt in Gebrauch befindlichen Morseapparat angewandt werden, so muss der aus zwei an beiden Endpunkten der Linie aufgestellten Batterien entwickelte Leitungsstrom continuirlich in der Leitung durch alle Relais, Galvanoscope etc. circuliren, so dass im Zustande der Ruhe das Relais fortwährend magnetisch erhalten und die Galvanometernadel dauernd abgelenkt wird. Der Schlüssel muss dabei beständig mit dem vorderen Amboss durch eine besondere Vorrichtung in metallischer Verbindung sein. Beim Telegraphiren muss diese Verbindung aufgehoben und dadurch die Linie unterbrochen, durch Niederdrücken des Schlüssels aber dem Zeichen gemäss der Stromlauf wieder hergestellt werden. Beim Telegraphiren arbeiten dann alle Apparate mit Einschluss derer auf der gebenden Station mit.

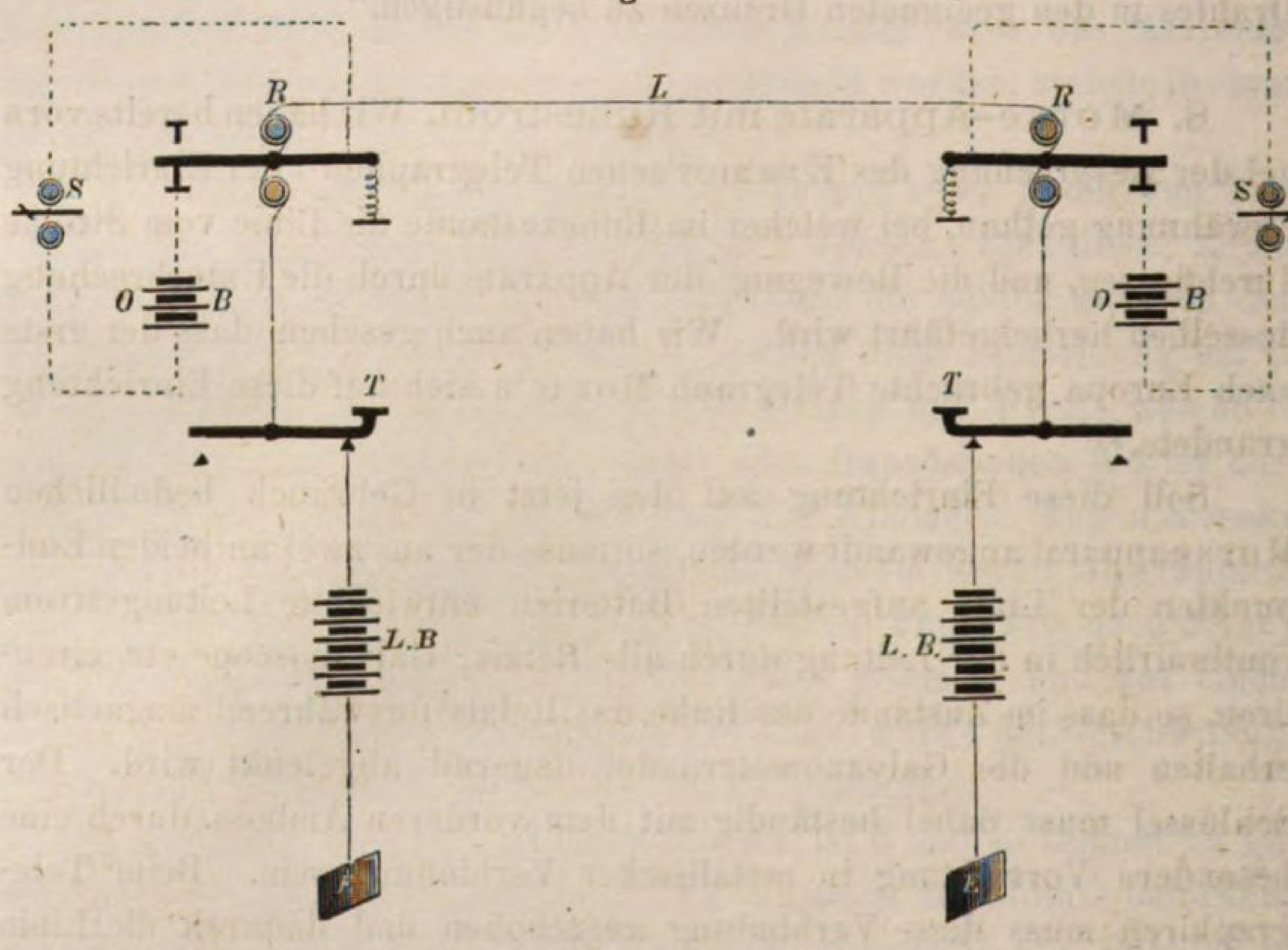
Im Zustande der Ruhe, wo durch den continuirlichen Linienstrom die Relais ihre Anker stetig angezogen halten, sind in Folge dessen auch alle Lokalbatterien geschlossen, und die Anker der Schreibmagnete angezogen, so dass die Stromverbindung schematisch dargestellt so war, wie Fig. 240 zeigt.

„Ein grosser Vortheil dieser Einrichtung," sagt Frischen,[3]) „ist

[1]) Absch. V, § 10 No. 4. [2]) Absch. VI. § 1 No. 4. [3]) Brix Journal V, p. 214.

der, dass auf Linien mit vielen Zwischenstationen nur die Centralstationen mit Linienbatterien versehen zu sein brauchen, während auf jeder Zwischenstation nur eine Lokalbatterie nöthig ist. Dadurch werden einmal die Kosten für die Batterien sehr vermindert, und andererseits bedürfen die Relais wegen des gleichmässigen Stromes keiner häufigen Regulirung, und der Beamte kann sich, ohne stets die Apparate im Auge zu haben, sicher auf das Rufzeichen verlassen. Dieser letztere Umstand ist da von besonderer Wichtigkeit, wo der mit der Bedienung

Fig. 240.



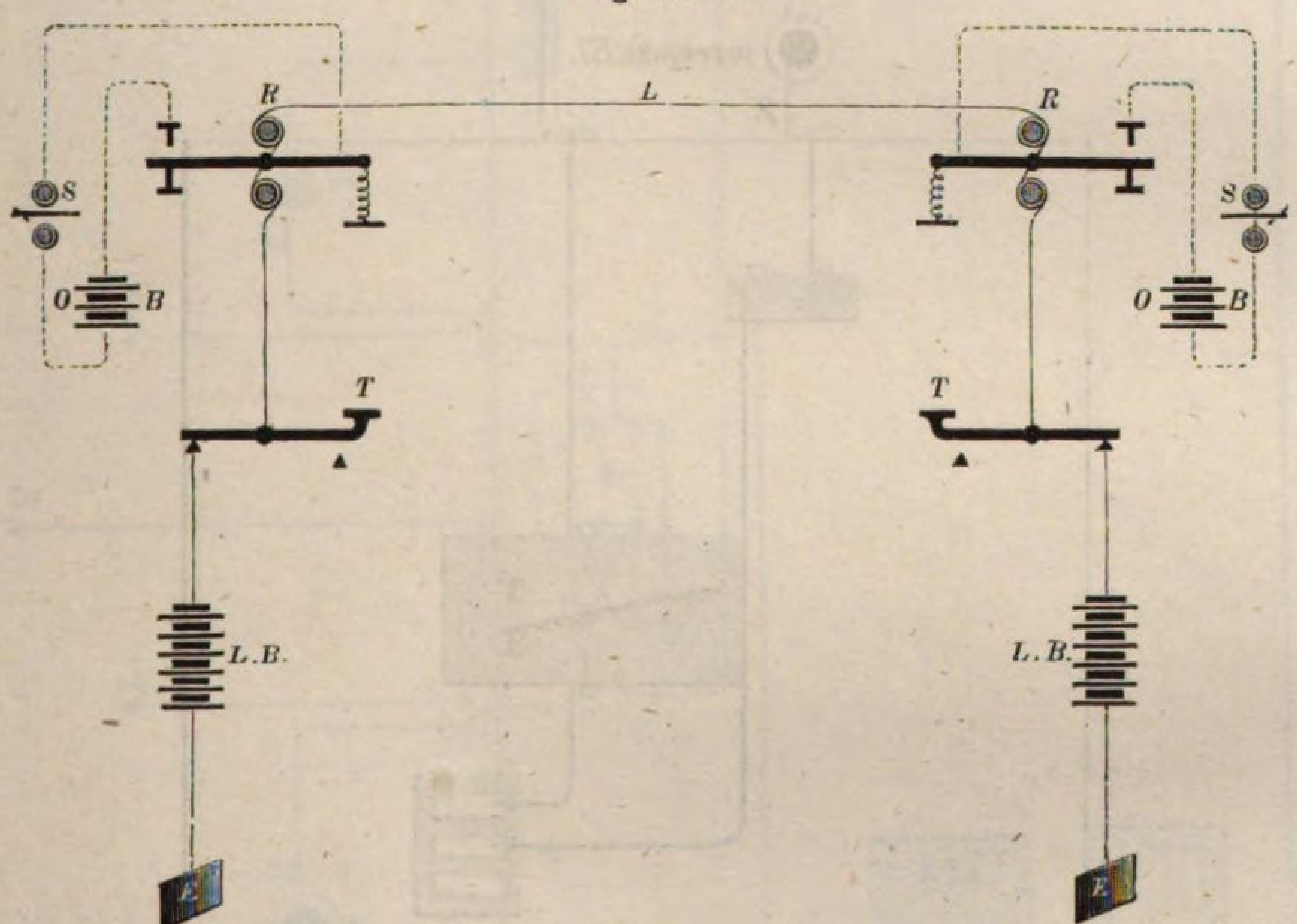
des Apparates betraute Beamte noch andere Geschäfte zu versehen hat, wie dies bei den Eisenbahnleitungen häufig der Fall ist."

Diese Einrichtung hatten die unter Frischen's Leitung stehenden Apparate für den Eisenbahndienst in Hannover, allein es zeigten sich bald Uebelstände, die eine Aenderung wünschen liessen. Der Vortheil, den das Wegfallen der Linienbatterien gewährt, wird mehr als aufgehoben durch die nicht unerheblichen Ausgaben, welche die stets geschlossenen Lokalbatterien bewirken. Ausserdem aber wurden Störungen dadurch herbeigeführt, dass die Beamten nach dem Telegraphiren die bereits erwähnte Verbindung zwischen Schlüsselkörper und Vorambos nicht gehörig herstellten und so die ganze Linie unterbrochen blieb.

Diesen Uebelständen half Frischen durch eine Stromverbindung ab, welche in Fig. 241 schematisch dargestellt ist.

Auch hier findet Ruhestrom statt, allein während bei der ersteren Einrichtung der hintere Contakt des Schlüssels ohne metallische Verbindung war, so ist es hier der vordere. In der Ruhelage steht also der Schlüssel wie gewöhnlich und stellt so die Stromcirculation her. Beim Niederdrücken des Schlüssels wird hingegen die Leitung unterbrochen und das Relais unmagnetisch. In Folge dessen geht der Relaisanker zum Ruhecontakt und schliesst dadurch erst die Lokalbatterie.

Fig. 241.



Bei dieser Einrichtung sind die vorn erwähnten Uebelstände vermieden, und es wäre eine solche Einrichtung überhaupt empfehlenswerth, wenn nicht die bereits früher besprochenen Mängel aufträten[1]), unter denen der der wichtigste ist, dass bei grossen Entfernungen wegen der vielen Nebenschliessungen bei der Unterbrechung auf der einen Station der Strom nicht vollständig aus der Linie verschwindet.

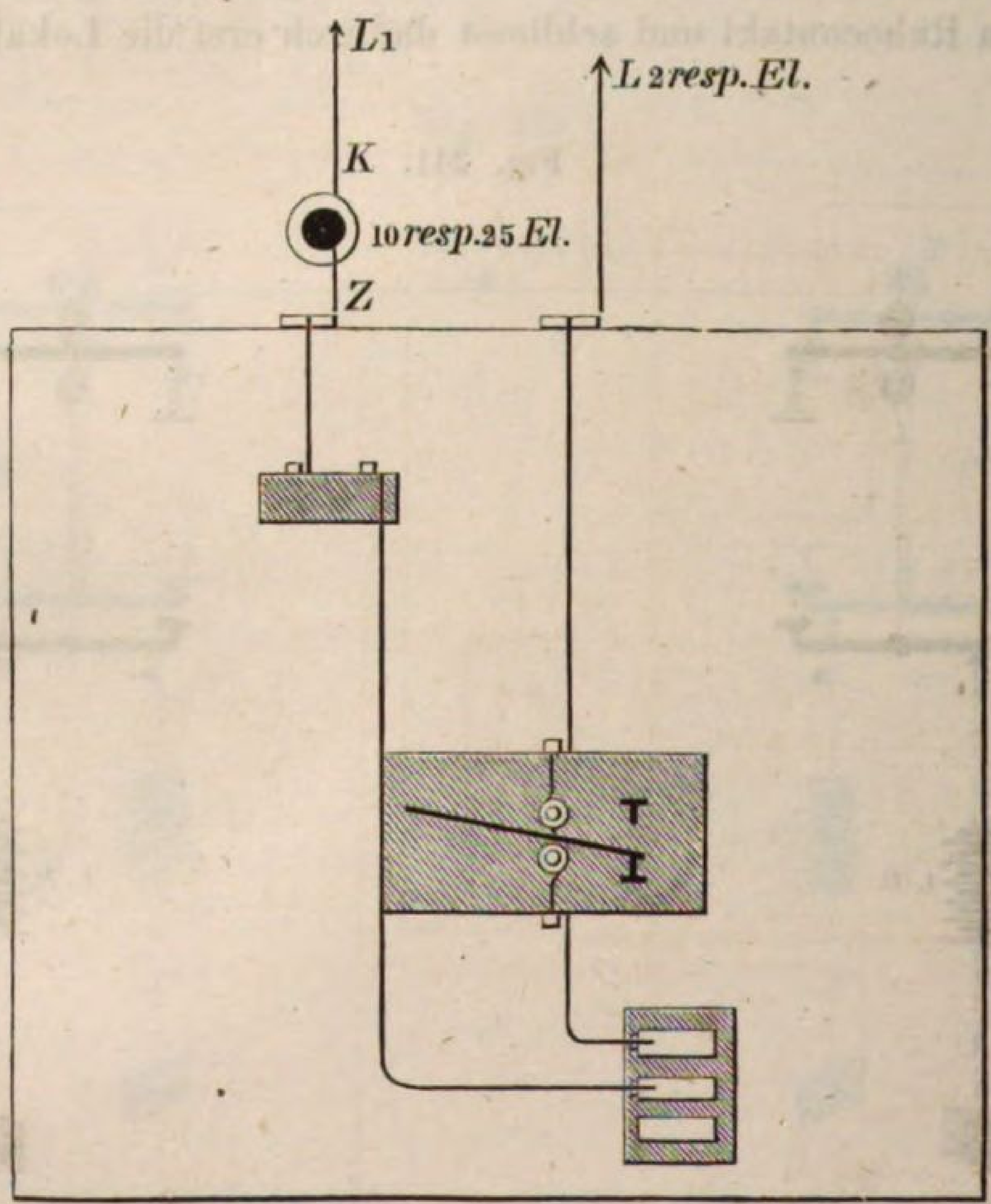
In der deutschen Telegraphenverwaltung ist jetzt als Ruhestromschaltung für eine End- oder Zwischenstation mit Batterie

[1]) Siehe Absch. V. § 10, No. 4.

und mit einem Farbschreiber folgende Schaltung vorgeschrieben, welche die Figur 242 zeigt.

Für Zwischenstationen mit zwei Farbschreibern wird der Umschalter No. 6 mit der Schaltung angewendet, welche die Fig. 243 darstellt. Zu dem Umschalter ist ein Stöpsel erforderlich. Wird Loch 1 gestöpselt, so hat man Stationsstellung. Die in L_1 und L_2 circu-

Fig. 242.

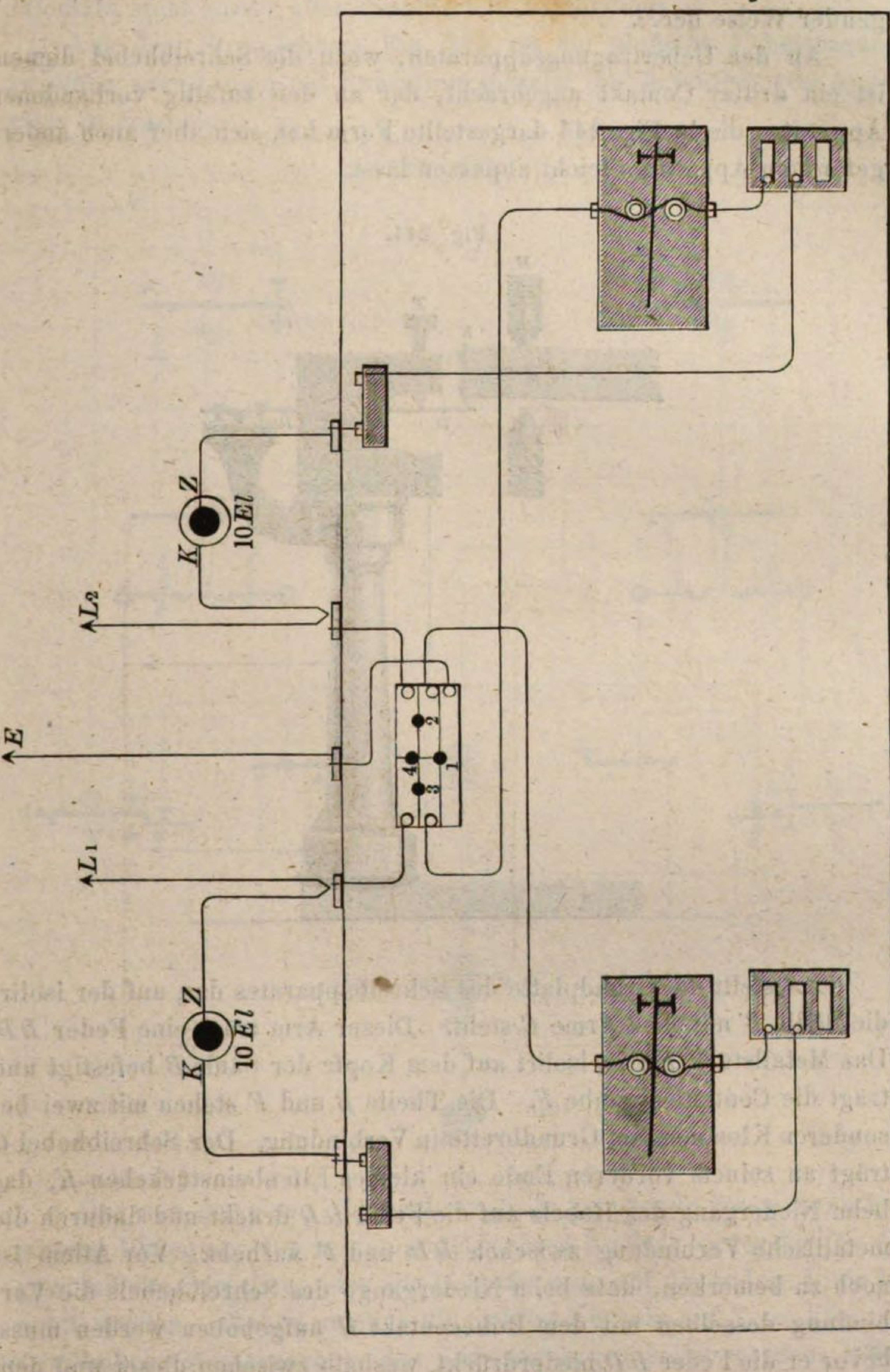


lirenden Ströme gehen dann durch die Galvanoskope, Körper der Schlüssel, Apparate zum Umschalter über das gestöpselte Loch 1 zur Erde. Wird Loch 2 oder 3 gestöpselt, so hat man Circularstellung und es spricht entweder der linke oder der rechte Apparat mit.

Direktstellung wird durch Stöpselung des Loches 4 herbeigeführt.

9. Uebertragung beim Ruhestrom. Ein Rückblick auf die vorn beschriebene Einrichtung einer Uebertragungsstation lässt erkennen, dass eine solche Einrichtung bei Anwendung des Ruhestroms anders

Fig. 243.

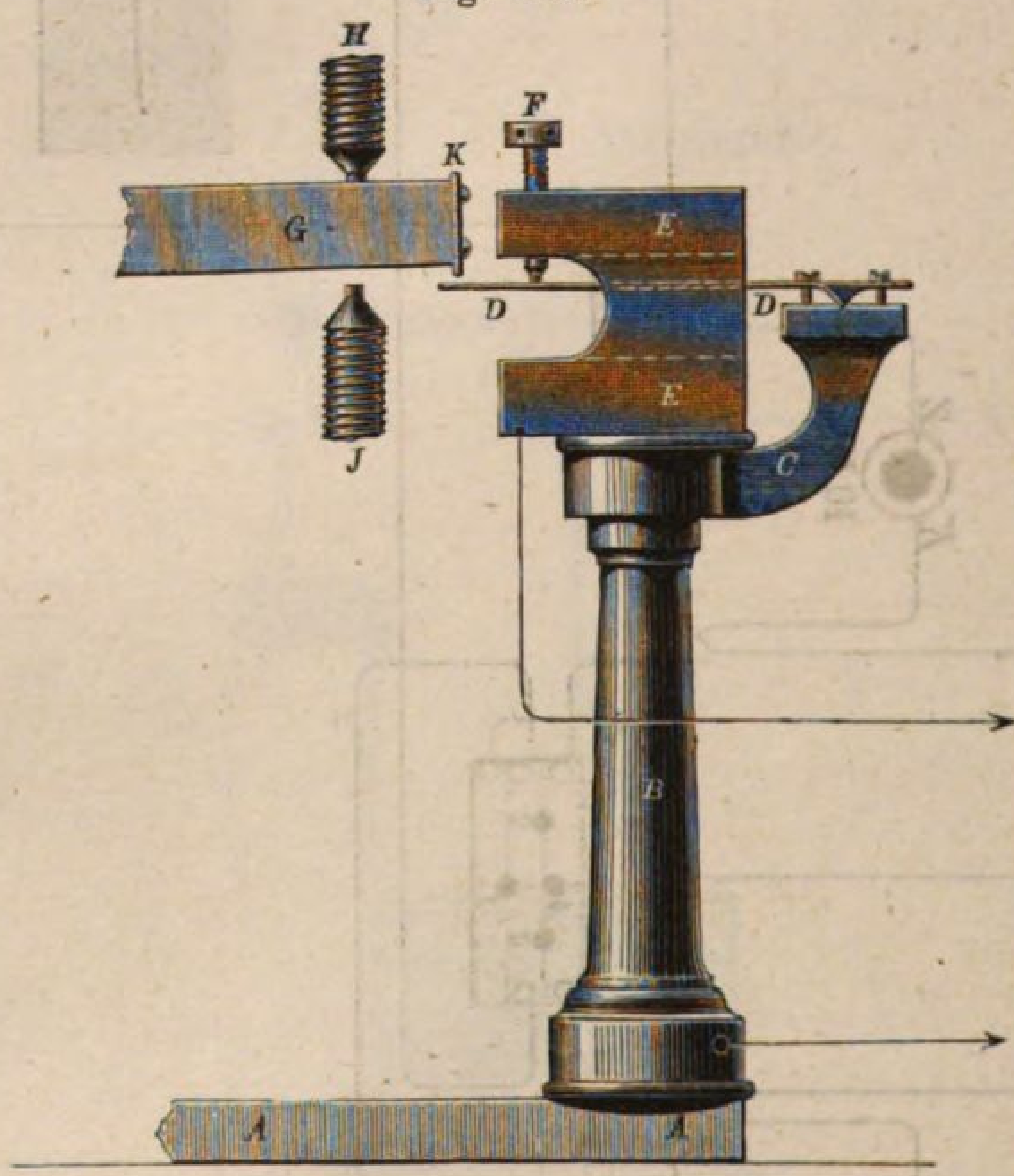


sein muss als sie der Gebrauch des Arbeitsstromes verlangt, besonders aus dem Grunde, weil beim Ruhestrom auch die eigenen Apparate mit-

arbeiten. Frischen stellt die Uebertragung beim Ruhestrom in folgender Weise her[1]).

An den Uebertragungsapparaten, wozu die Schreibhebel dienen, ist ein dritter Contakt angebracht, der an den zufällig vorhandenen Apparaten die in Fig. 244 dargestellte Form hat, sich aber auch anders geformten Apparaten leicht anpassen lässt.

Fig. 244.



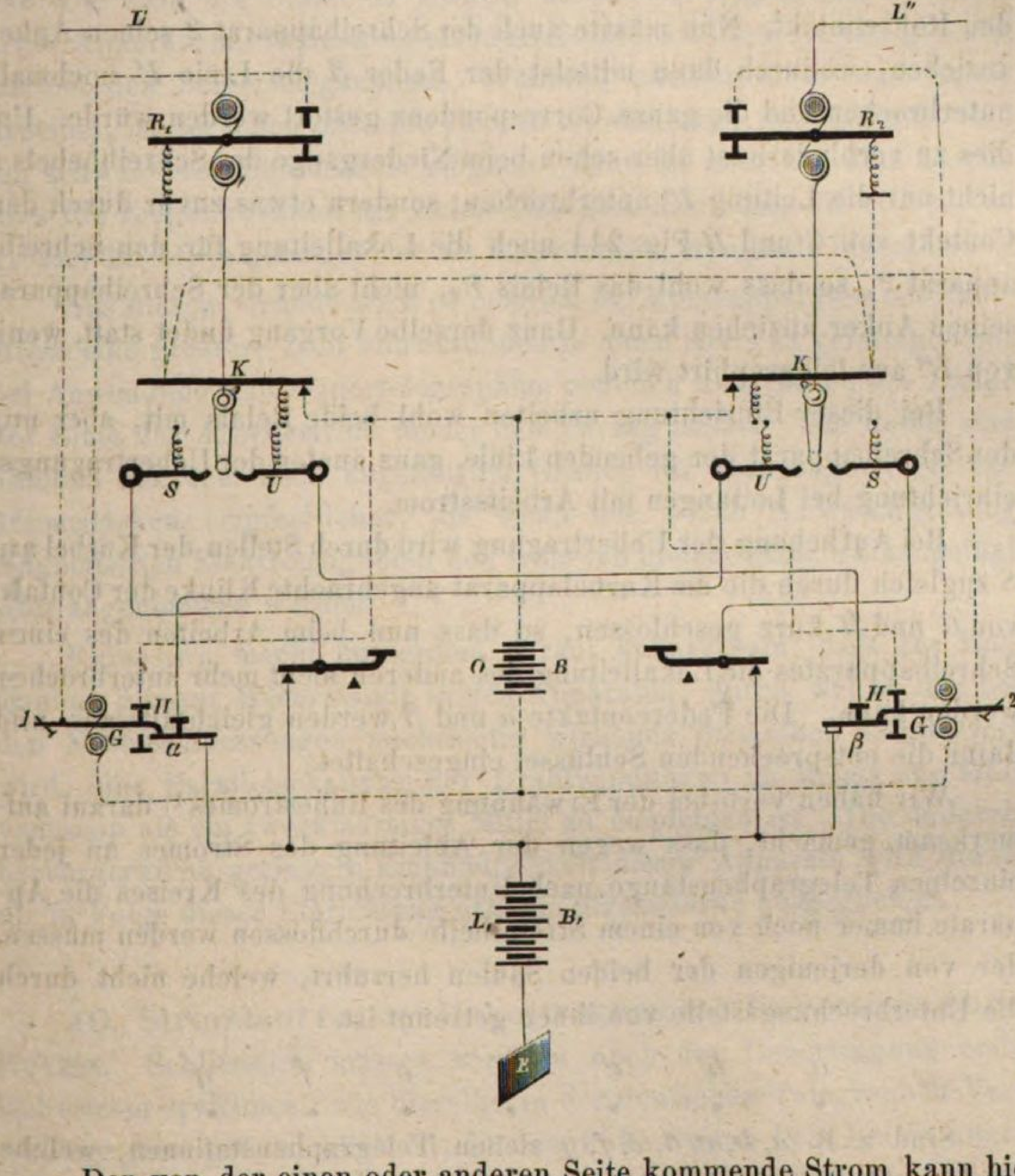
AA stellt die Grundplatte des Schreibapparates dar, auf der isolirt die Säule *B* mit dem Arme *C* steht. Dieser Arm trägt eine Feder *DD*. Das Metallstück *EE* ist isolirt auf dem Kopfe der Säule *B* befestigt und trägt die Contaktschraube *F*. Die Theile *B* und *F* stehen mit zwei besonderen Klemmen am Grundbrette in Verbindung. Der Schreibhebel *G* trägt an seinem vorderen Ende ein kleines Elfenbeinstückchen *K*, das beim Niedergang des Hebels auf die Feder *DD* drückt und dadurch die metallische Verbindung zwischen *DD* und *F* aufhebt. Vor Allem ist noch zu bemerken, dass beim Niedergange des Schreibhebels die Verbindung desselben mit dem Ruhecontakt *H* aufgehoben werden muss, bevor er die Feder *DD* niederdrückt, weshalb zwischen dieser und dem

[1]) Brix Journ. V, p. 216.

Elfenbeinstückchen K ein kleiner Zwischenraum vorhanden ist. Der JContakt steht ausser aller metallischen Verbindung.

Aus dem Stromschema Fig. 245 ist die einfache Uebertragung zwischen zwei Linien mit Ruhestrom mittelst des beschriebenen Apparates zu ersehen.

Fig. 245.



Der von der einen oder anderen Seite kommende Strom kann hier mittelst Umlegung der beiden angebrachten Kurbeln entweder für das gewöhnliche Sprechen, oder zur Uebertragung auf die andere Linie benutzt werden. Stehen nämlich die beiden Kurbeln auf S, so kann auf gewöhnliche Weise nach beiden Richtungen gearbeitet werden, indem jede Batterie die auf ihrer Linie befindlichen Apparate in Bewegung setzt. Durch Stellen der beiden Kurbeln auf U ist die Uebertragung

hergestellt. Der Stromlauf ist dann folgender. Wird die Leitung L' unterbrochen, so verschwindet der Magnetismus aus Relais R_1, der Anker fällt gegen den Ruhecontakt und sendet den Lokalstrom durch den Schreibapparat *1*. Beim Niedergange des Schreibhebels wird die Contaktfeder a ebenfalls niedergedrückt und dadurch die Leitung L'' unterbrochen. In Folge dessen fällt auch der Anker von Relais R_2 gegen den Ruhecontakt. Nun müsste auch der Schreibapparat *2* seinen Anker anziehen, wodurch dann mittelst der Feder β die Linie L' nochmals unterbrochen und die ganze Correspondenz gestört werden würde. Um dies zu verhindern ist aber schon beim Niedergange des Schreibhebels *1* nicht nur die Leitung L'' unterbrochen, sondern etwas zuvor durch den Contakt von G und H Fig. 244 auch die Lokalleitung für den Schreibapparat *2*, so dass wohl das Relais R_2, nicht aber der Schreibapparat seinen Anker anziehen kann. Ganz derselbe Vorgang findet statt, wenn von L'' aus telegraphirt wird.

Bei dieser Einrichtung arbeiten wohl beide Relais mit, aber nur der Schreibapparat der gebenden Linie, ganz analog der Uebertragungseinrichtung bei Leitungen mit Arbeitsstrom.

Bei Aufhebung der Uebertragung wird durch Stellen der Kurbel auf S zugleich durch die am Kurbelapparat angebrachte Klinke der Contakt von G und H kurz geschlossen, so dass nun beim Arbeiten des einen Schreibapparates die Lokalleitung des anderen nicht mehr unterbrochen werden kann. Die Federcontakte α und β werden gleichfalls aus- und dafür die entsprechenden Schlüssel eingeschaltet.

Wir haben vorn bei der Erwähnung des Ruhestromes[1]) darauf aufmerksam gemacht, dass wegen der Ableitung des Stromes an jeder einzelnen Telegraphenstange nach Unterbrechung des Kreises die Apparate immer noch von einem Stromtheile durchflossen werden müssen, der von derjenigen der beiden Säulen herrührt, welche nicht durch die Unterbrechungsstelle von ihnen getrennt ist.

a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*
•	•	•	•	•	•	•

Sind z. B. a, b, c, d, e, f, g sieben Telegraphenstationen, welche zu einem Kreise mit einander verbunden sind, so dass also auf a und g eine Säule aufgestellt ist, und der Kreis wird in e unterbrochen, so circulirt durch a, b, c und d ein Strom, von der Säule in a und durch f und g ein Strom von der Säule in g, der um so stärker ist, je näher die Stationen sich an der Elektricitätsquelle befinden. Auch in e ist der Strom

[1]) Abschn. V. § 10, No. 4.

nicht aufgehoben, nur ist er daselbst stärker, wenn bei der Unterbrechung die Verbindung mit der näheren Säule stattfindet, als wenn der Strom von der entfernteren bis dahin gelangt, diese nothwendigen Nebenschliessungen sind die Ursache, weshalb bei Linien mit Ruhestrom nicht sehr viele Stationen zu einem Kreise verbunden werden können.

Die Zahl der Stationen jedoch, welche bei Anwendung Morse'scher Apparate mit Ruhestrom einen Kreis bilden dürfen, ist viel grösser, als bei den Zeigertelegraphen. Während nämlich diese ohne Relais arbeiten, ist bei jenen dasselbe stets in Anwendung, und dadurch wird ein schwächerer Linienstrom möglich. Nun ist aber aus dem bereits über die Empfindlichkeit der Relais Gesagten klar, dass dieselbe um so grösser bleibt, je geringer der sie ursprünglich erregende Strom ist.

Aus diesem Grunde wird es möglich bei Morseapparaten mit Ruhestrom eine grössere Zahl von Stationen in einen Kreis zu vereinigen, als bei Anwendung von Zeigertelegraphen, obgleich hinsichtlich der Länge der Linie der Arbeitsstrom immer den Vorzug behält. Die Relais sind nämlich aus dem eben angeführten Grunde für ursprünglich geringe Stromstärken empfindlicher, als wenn den durch Nebenschliessung magnetisirten Elektromagneten den früheren gleiche Ströme hinzugefügt oder abgenommen werden.

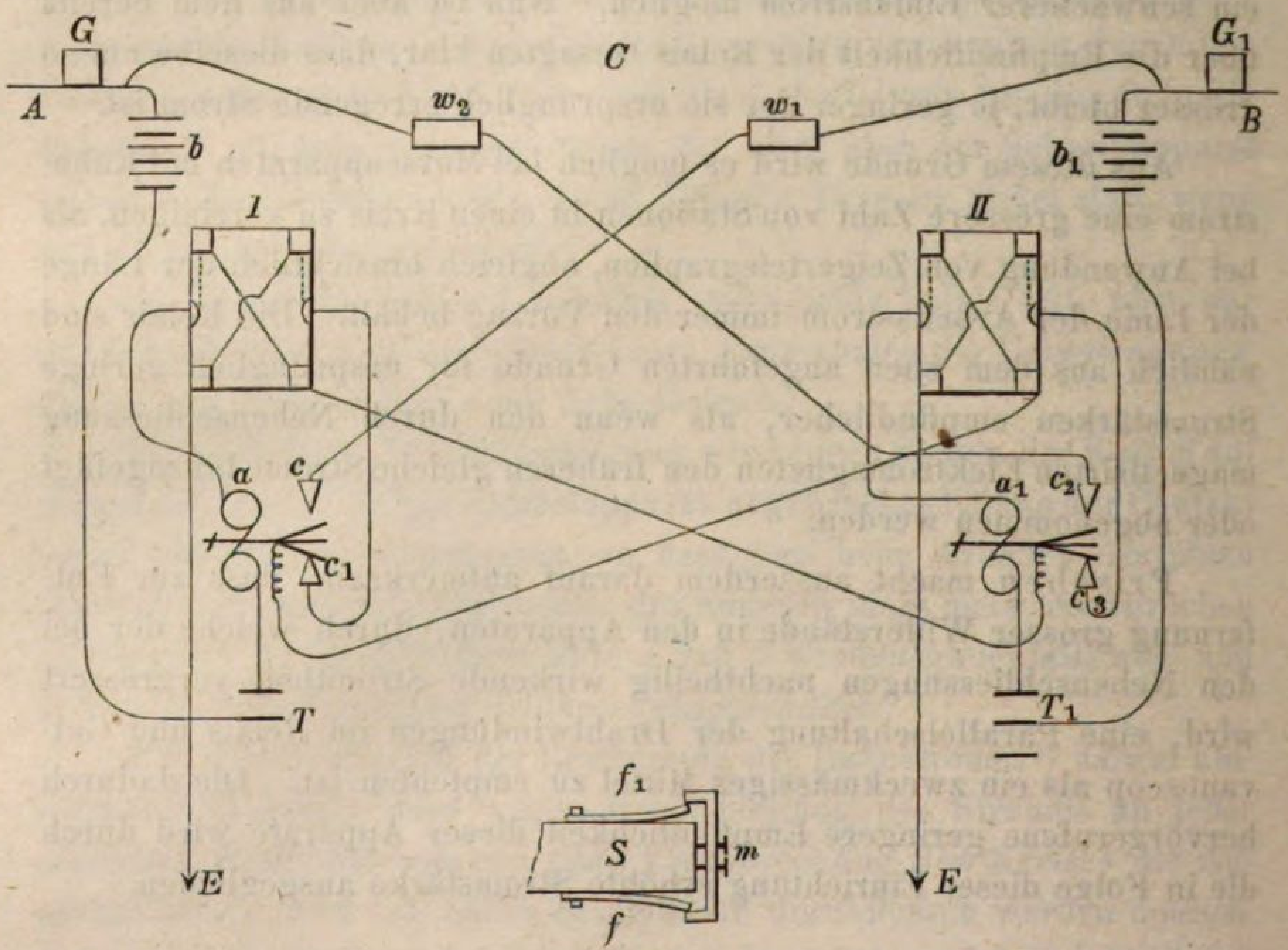
Frischen macht ausserdem darauf aufmerksam, dass zur Entfernung grosser Widerstände in den Apparaten, durch welche der bei den Nebenschliessungen nachtheilig wirkende Stromtheil vergrössert wird, eine Parallelschaltung der Drahtwindungen im Relais und Galvanoscop als ein zweckmässiges Mittel zu empfehlen ist. Die dadurch hervorgerufene geringere Empfindlichkeit dieser Apparate wird durch die in Folge dieser Einrichtung erhöhte Stromstärke ausgeglichen.

10. Stromlauf bei der Uebertragung mit Ruhestrom ohne Relais. Schliesslich müssen wir nun noch der Uebertragung beim Ruhestrom erwähnen, wie dieselbe in der deutschen Telegraphen-Verwaltung jetzt gebräuchlich ist, in dem Falle, wenn kein Relais angewandt wird. Die Einrichtung für diesen Fall ist in Fig. 246 schematisch dargestellt. Zunächst ist zu bemerken, dass der Schreibhebel der Farbschreiber zu diesem Zwecke einer besonderen Einrichtung bedarf, welche auf der Figur unten gezeichnet ist. An dem der Fig. (244) entsprechenden Ständer hinter dem Ende des Schreibhebels *S* ist ein Metallstück mit übergreifenden Enden angeschraubt. Dagegen sind an der oberen und unteren Kante des Endes des Schreibhebels leicht federnde Stahl-

blättchen *f* und *f'* angebracht, deren Bewegung durch die übergreifenden Enden des Metallstückes *m* begränzt wird.

Als Umschalter bei der Uebertragung werden zwei Stromwender *I* und *II* benutzt, wie sie die Fig. 200 zeigt. Es seien nun beide Wippen nach hinten zurückgeschlagen, was in der Fig. 246 durch die punktirten Linien an den Wippen vom Axenstück zu den hinteren Contaktstücken angedeutet sein soll. In diesem Falle geht der von der Station *A* zur

Fig. 246.



Uebertragungsstation *C* kommende Strom durch das Galvanoscop *G*, die Batterie *b*, welche beim Ruhestrom stets in der Linienleitung liegt, zur mittleren Schiene — dem Körper — des Schlüssels *T* über die vordere Schiene — den Ruhecontakt — desselben, durch die Umwindungen des Schreibmagneten *a* zur Axe der Wippe *I*. Von da geht der Strom über den niedergedrückten Hebel der Wippe zum linken hinteren Contaktstück desselben, durch den Verbindungsdraht dieses Contaktes mit dem rechten vorderen Contaktstück der Wippe zum Körper des Apparates a_1, von da über den angezogenen Schreibhebel desselben, den Contakt c_3 zur Axe der Wippe *II*, zum rechten hinteren Contaktstück desselben durch den Verbindungsdraht mit dem linken vordern Contakt zur Erde.

Der von der Station *B* zur Uebertragungsstation *C* gelangende Strom nimmt einen ähnlichen Weg durch den Apparat a_1, die Wippe *II* zum Körper des Apparates *a* über den Hebel desselben und durch die Wippe *I* zur Erde.

Die Circulation des von *A* kommenden Stromes ist demnach von dem Aufliegen des Hebels a_1 auf dem Contakt c_3 abhängig, ebenso die Circulation des Stromes, der von *B* nach *C* gelangt, von dem Aufliegen des Hebels *a* auf dem Contakt c_1. Wird daher der Strom auf der Station *A* durch Niederdrücken des Schlüssels unterbrochen und der Hebel des Apparates *a* in *C* durch die Abreissfeder gegen den Contakt *c* gelegt, so muss der von *B* nach *C* kommende Strom, welcher, wie gesagt, durch die Stellung des Hebels *a* bedingt ist, ebenfalls unterbrochen werden. Diese Unterbrechung würde aber zur Folge haben, dass der Hebel des Apparates a_1 ebenfalls durch die Abreissfeder gegen den Contakt c_2 gelegt würde, somit aber, da die Stellung der Feder a_1 wieder den von *A* kommenden Strom bedingt, auch für diesen eine Unterbrechung einträte und daher von *A* aus nach *C* kein Zeichen weiter gelangen könnte.

Es muss daher, wenn von *A* nach *B* noch weiter Zeichen gelangen sollen, der Hebel des Apparates a_1 an der Aufwärtsbewegung gehindert werden. Dies wird in folgender Weise erreicht.

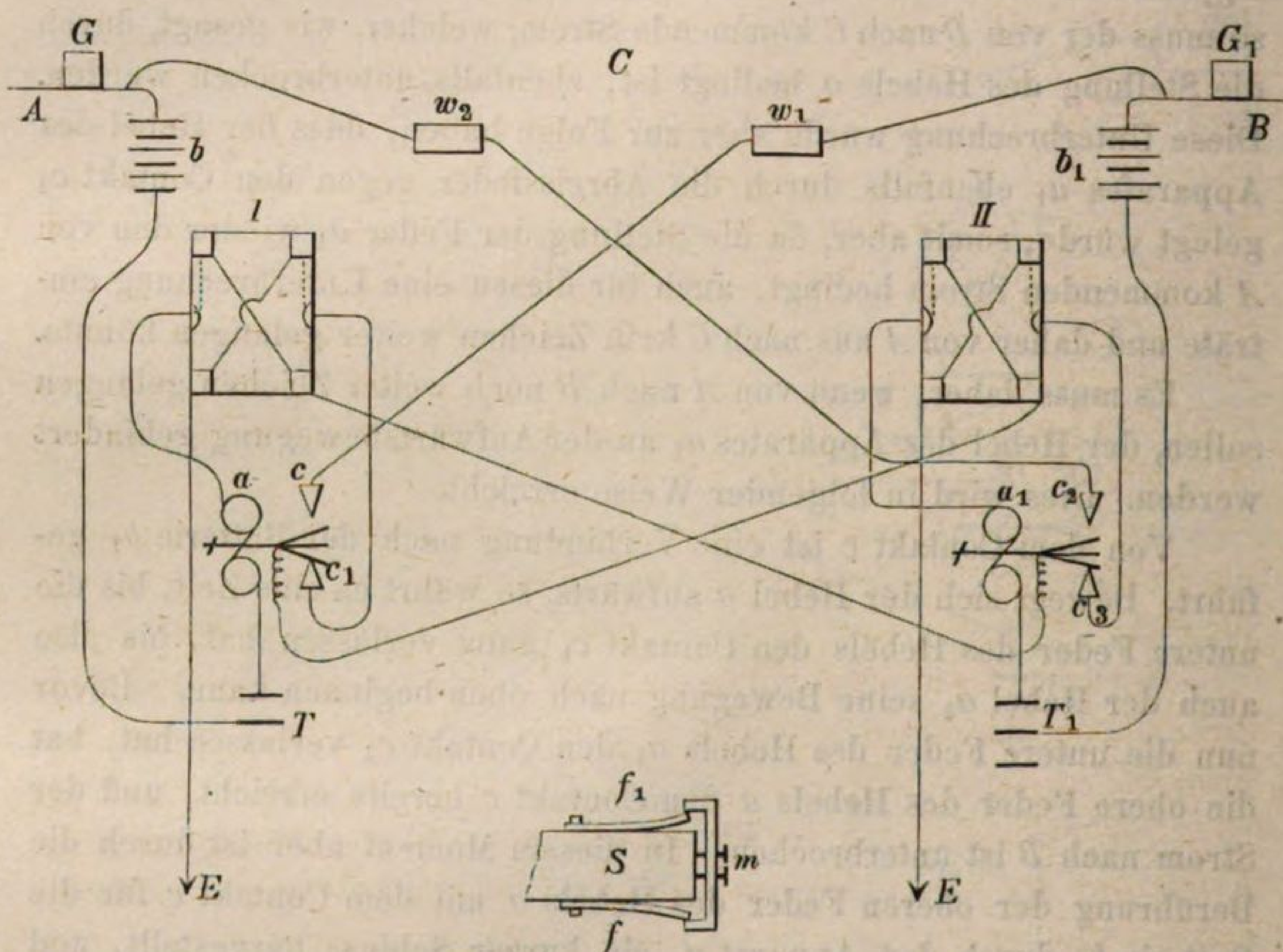
Von dem Contakt *c* ist eine Verbindung nach der Batterie b_1 geführt. Bewegt sich der Hebel *a* aufwärts, so währt es eine Zeit, bis die untere Feder des Hebels den Contakt c_1 ganz verlassen hat, bis also auch der Hebel a_1 seine Bewegung nach oben beginnen kann. Bevor nun die untere Feder des Hebels a_1 den Contakt c_3 verlassen hat, hat die obere Feder des Hebels *a* den Contakt *c* bereits erreicht, und der Strom nach *B* ist unterbrochen. In diesem Moment aber ist durch die Berührung der oberen Feder des Hebels *a* mit dem Contakt *c* für die Batterie b_1 durch den Apparat a_1 ein kurzer Schluss hergestellt, und zwar vom Zinkpol b_1 über *c*, die obere Feder des Hebels *a*, den Körper des Apparates *a*, die Wippe *II* durch die Windungen des Apparates a_1, über den Schlüssel T_1 und zum Kupferpol b_1 zurück.

Durch diesen die Windungen von a_1 durchfliessenden Strom wird der Hebel a_1 wieder niedergedrückt und also die gänzliche Unterbrechung des von *A* kommenden Stromes verhindert. Beim Loslassen des Schlüssels auf Station *A* findet demnach der Strom wieder einen Weg über den Hebel a_1 und c_3, der Hebel bei *a* wird demnach wieder niedergehen.

Wird nun von *B* nach *A* gearbeitet, so findet derselbe kurze Schluss für den Apparat *a* durch den von der Batterie zum Contakt c_2 in ähnlicher Weise geführten Verbindungsdraht statt. In diese Verbindungs-

drähte sind noch, wie die Fig. 247 zeigt, die künstlichen Widerstände w_1 und w_2 eingeschaltet. Diese dienen dazu, den aus der Batterie b oder b_1 nach jeder Unterbrechung in der Linie CB oder CA kommenden Strom, welcher wie vorhin gezeigt, den Hebel a oder a_1 niederhält, so zu schwächen, dass derselbe nur so stark ist, wie der im Ruhezustande von B nach C oder von A nach C circulirende Strom. Ohne Einschaltung dieser Widerstände würde der nur durch die Windungen eines Apparates circulirende Strom den Hebel a_1 oder a mit zu grosser Kraft niederreissen.

Fig. 247.



Die Uebertragung in dieser Weise hat sich gut bewährt, doch erfordert sie eine äusserst genaue Regulirung der Hebelcontakte und sorgfältige Ueberwachung. Auf der Station Göttingen wurden im Jahre 1869 zwei Systeme dieser Art Behufs Uebertragung zwischen den in Göttingen einmündenden Harzleitungen eingerichtet.

Werden bei dieser Einrichtung beide Wippen nach vorn geschlagen, so hat man Stationsstellung. Der von A kommende Strom geht dann durch b, g, T, a zur Axe der Wippe I über den linken vorderen Contakt derselben zur Erde. Der von B kommende Strom geht in ähnlicher Weise durch die Wippe II zur Erde.

In neuerer Zeit werden für die Uebertragung mit Ruhestrom auch polarisirte Farbschreiber in ähnlicher Weise verwendet.

11. Uebertragung mit Arbeitsstrom auf einer Station ohne Relais. In neuerer Zeit hat man einerseits durch Anwendung der Farbschreiber auf den Hauptstationen, sowie durch sorgfältigere Anfertigung der Apparate dieselben empfindlicher gemacht, so dass zu ihrem Ansprechen nicht mehr ein so starker Strom nöthig ist als früher, und deshalb wird es möglich, diese neuen Apparate ohne Relais zu gebrauchen, während derselbe Strom auf den Nebenstationen die da noch vorhandenen Relais in Bewegung setzt.

Dass auf den Nebenstationen oft noch Relais vorhanden sind, während die Hauptstationen Farbschreiber ohne Relais anwenden, hat seinen Grund in manchen technischen Uebelständen. Zu diesen sind unter anderen auch die zu zählen, dass einerseits die Farbschreiber grössere Sorgfalt in der Behandlung und grössere Genauigkeit der Regulirung verlangen als die gewöhnlichen Morseapparate und dass andererseits ein Schwarz- oder Blauschreiber sich weniger gut conservirt, wenn er nicht immer in Thätigkeit bleibt, was auf den Nebenstationen der Fall sein würde.

So kommt es denn, dass besonders auf Uebertragungsstationen häufig gar keine Relais mehr in Anwendung sind. Es ist daher nöthig, für diesen Fall eine dem entsprechende Stromleitung herzustellen.

Unter Anwendung des Umschalters Nr. 5 ist in der Fig. 247 diese Stromleitung dargestellt. Für die einzelnen Fälle nimmt der Linienstrom alsdann folgenden Lauf.

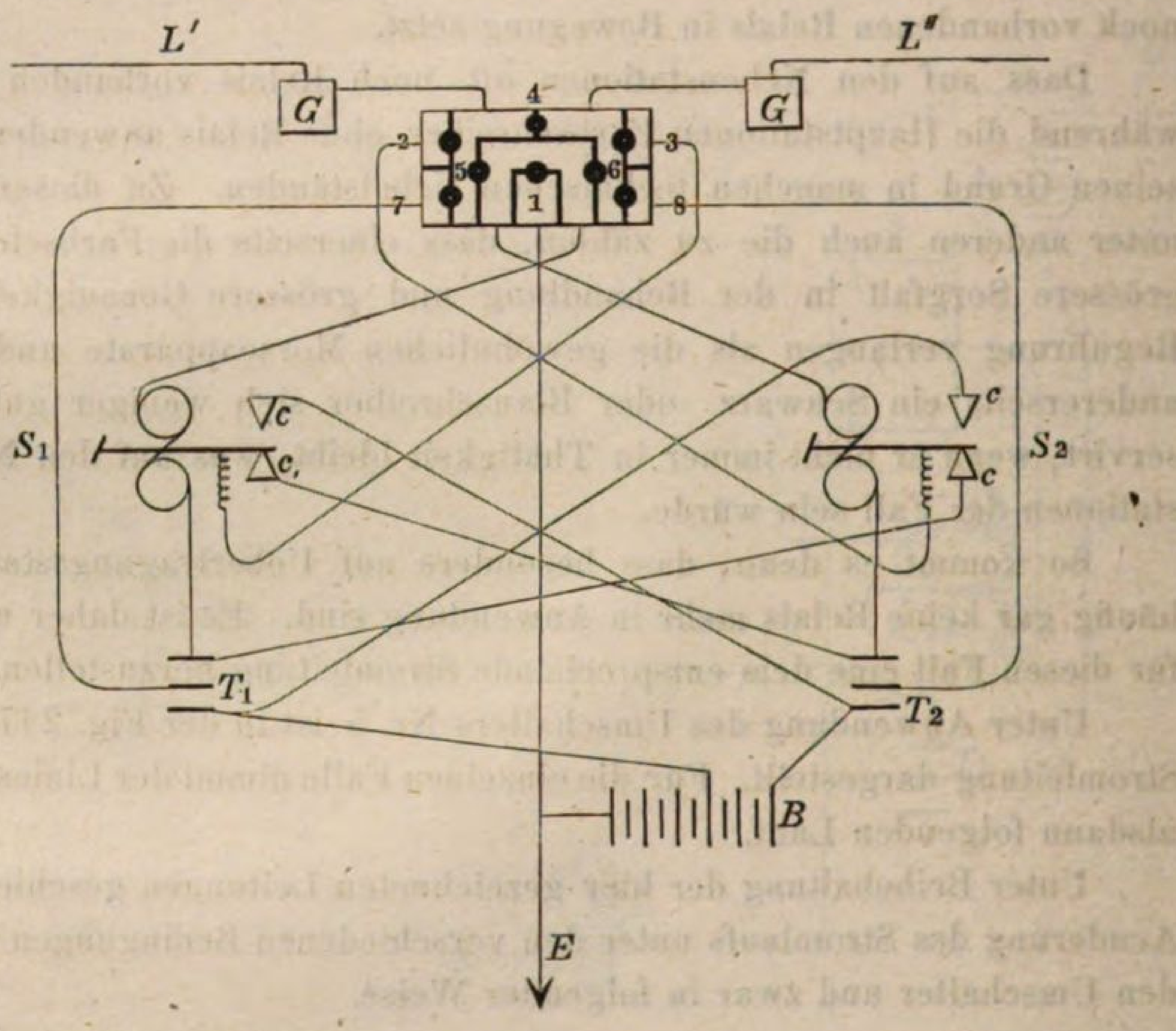
Unter Beibehaltung der hier gezeichneten Leitungen geschieht die Aenderung des Stromlaufs unter den verschiedenen Bedingungen durch den Umschalter und zwar in folgender Weise.

1. Uebertragung. Es werden gestöpselt die Löcher 1, 2 und 3. Dann geht der von der rechten Seite L'' kommende Strom durch das Galvanometer nach der Schiene wie die Zeichnung zeigt, dann über Loch 3 nach dem Hebel des Schreibapparates S_1 links, von da nach dessen Ruhecontakt c_1, dann nach der hinteren Schiene des Schlüssels T_2, dann nach den Windungen des Elektromagneten S_2, von da nach der Schiene zwischen 1 und 5 und so über Loch 1 zur Erde. Dadurch, dass der Linienstrom durch die Windungen des Schreibers S_2 ging, fing dieser an zu sprechen, d. h. der Hebel wurde vom Elektromagneten angezogen und dadurch am anderen Ende mit dem Contakt c in Verbindung gebracht. Dieser Contakt steht aber, wie Zeichnung zeigt, an der

vorderen Schiene des Tasters T_1 mit der Säule B in Verbindung. Diese wird also geschlossen, und es geht nun ein Strom von diesem Contakt c rechts über die Spirale des Schreibhebels nach dem gestöpselten Loch 2 des Umschalters und von da über das Galvanometer weiter auf Linie L'. Ganz dem eben beschriebenen Stromlauf ähnlich ist der Weg, wenn der Strom von L' kommt. Er geht dann über Loch 2 etc.

2. Stationsstellung. Stöpselt man statt Loch 2 und 3, Loch 7

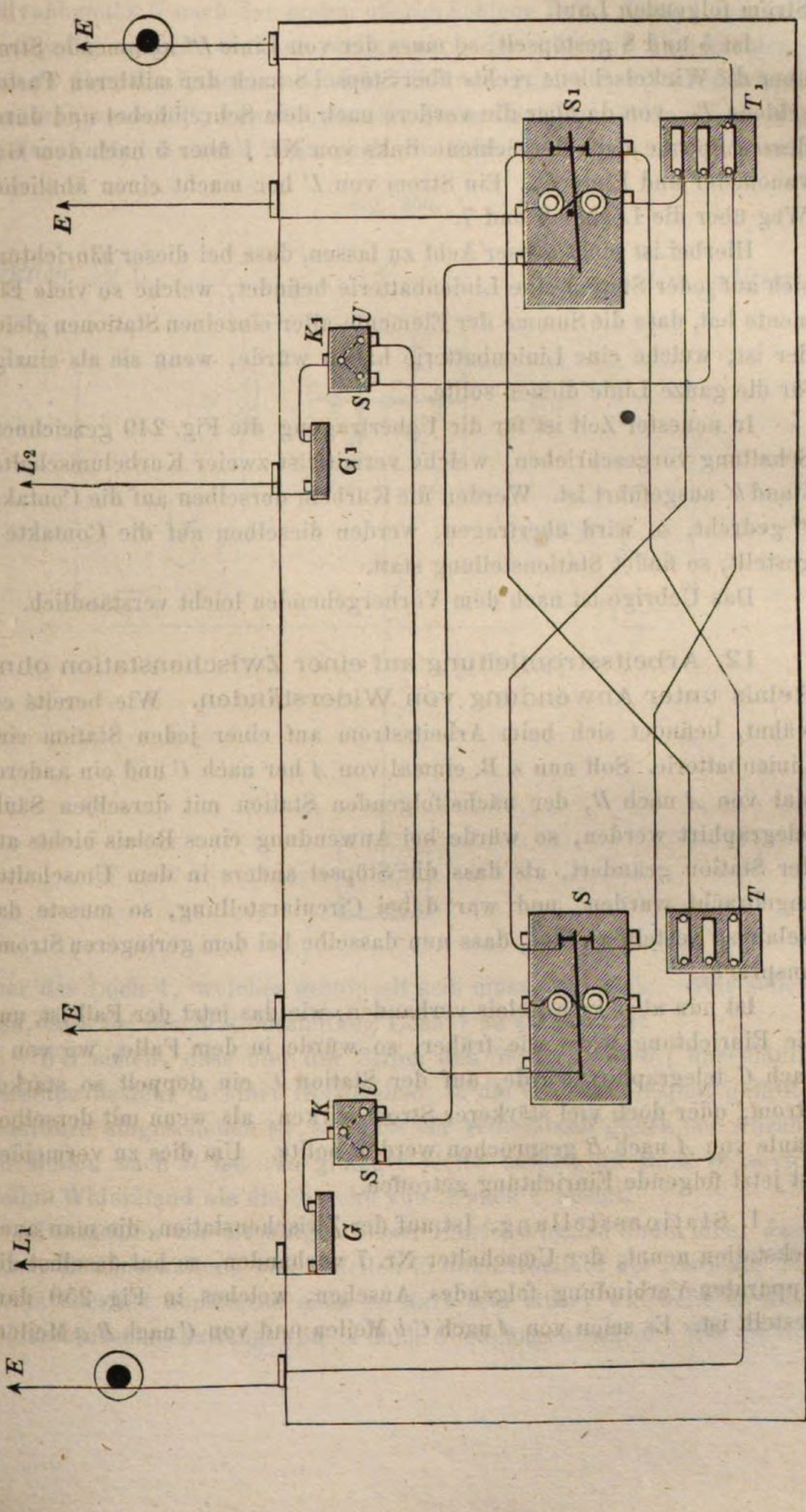
Fig. 248.



und 8 und lässt Loch 1 geschlossen, so geht ein von L'' kommender Strom in die mittlere (Winkel-)Schiene rechts und über 8 nach der mittleren Tasterschiene. Von da geht er nach der vorderen und durch den Schreibhebel, welcher nun spricht, nach der Schiene links neben 1 über Loch 1 zur Erde. Die Station empfängt Schrift. Jetzt wird zwar auch der obere Contakt c rechts immer geschlossen, aber der Strom kann nicht wie vorher über Loch 2 zur anderen Linie, weil dieses nicht gestöpselt ist. In gleicher Weise findet der Stromlauf von der anderen Linie her statt.

3. Circularstellung. Werden schliesslich statt der bisherigen

Fig. 249.



Löcher entweder die beiden 5 und 8 oder 6 und 7 gestöpselt, so hat der Strom folgenden Lauf.

Ist 5 und 8 gestöpselt, so muss der von Linie L'' kommende Strom über die Winkelschiene rechts über Stöpsel 8 nach der mittleren Tasterschiene T_2, von da über die vordere nach dem Schreibhebel und durch dessen Spirale nach der Schiene links von Nr. 1 über 5 nach dem Galvanometer und Linie L'. Ein Strom von L' her macht einen ähnlichen Weg über die Löcher 6 und 7.

Hierbei ist nicht ausser Acht zu lassen, dass bei dieser Einrichtung sich auf jeder Station eine Linienbatterie befindet, welche so viele Elemente hat, dass die Summe der Elemente aller einzelnen Stationen gleich der ist, welche eine Linienbatterie haben würde, wenn sie als einzige für die ganze Linie dienen sollte.

In neuester Zeit ist für die Uebertragung die Fig. 249 gezeichnete Schaltung vorgeschrieben, welche vermittelst zweier Kurbelumschalter k und k' ausgeführt ist. Werden die Kurbeln derselben auf die Contakte U gedreht, so wird übertragen, werden dieselben auf die Contakte S gestellt, so findet Stationstellung statt.

Das Uebrige ist nach dem Vorhergehenden leicht verständlich.

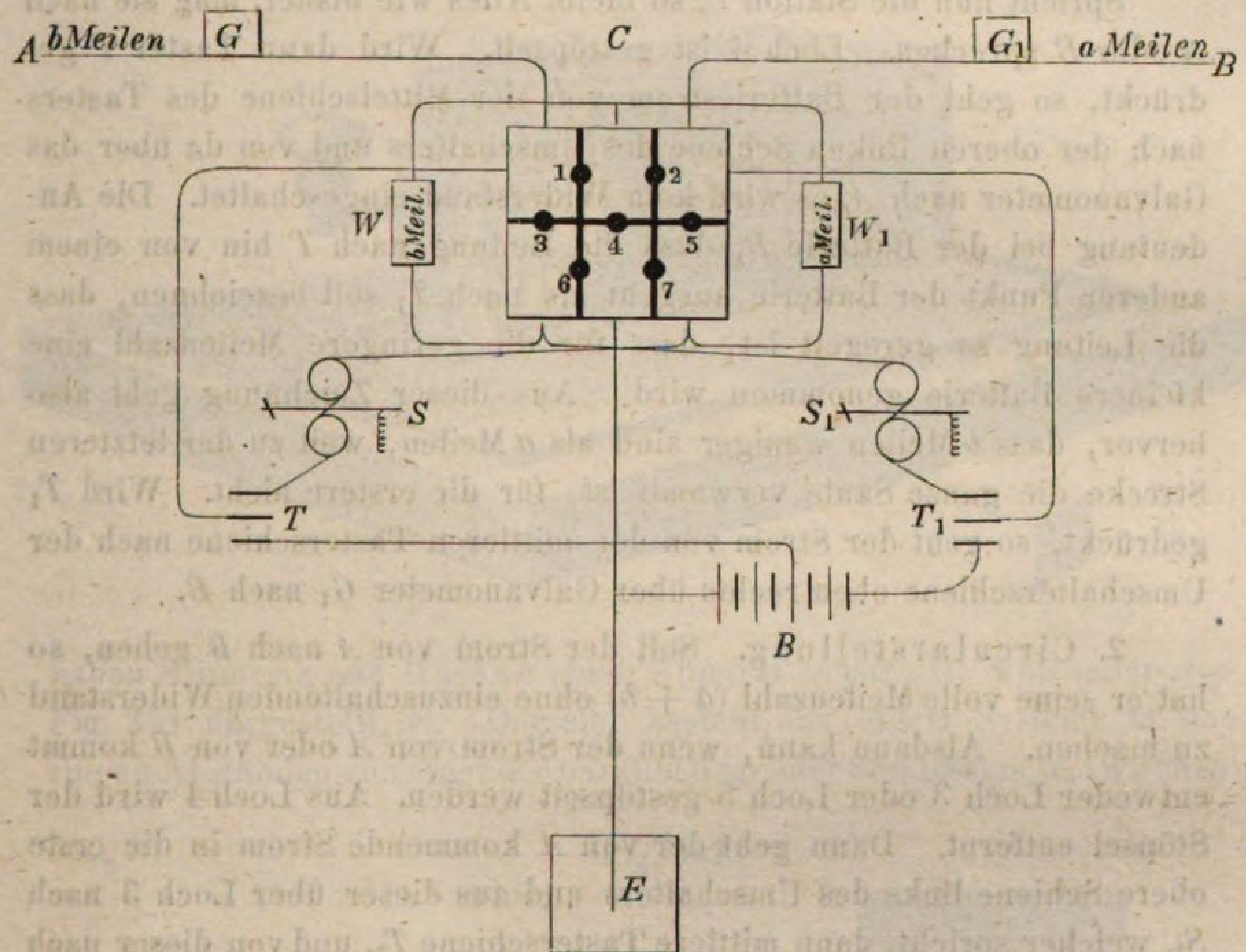
12. Arbeitsstromleitung auf einer Zwischenstation ohne Relais unter Anwendung von Widerständen. Wie bereits erwähnt, befindet sich beim Arbeitsstrom auf einer jeden Station eine Linienbatterie. Soll nun z. B. einmal von A her nach C und ein anderes Mal von A nach B, der nächstfolgenden Station mit derselben Säule telegraphirt werden, so würde bei Anwendung eines Relais nichts auf der Station geändert, als dass die Stöpsel anders in dem Umschalter angebracht wurden, und war dabei Circularstellung, so musste das Relais so gestellt werden, dass nun dasselbe bei dem geringeren Strome ansprach.

Ist nun aber kein Relais vorhanden, wie das jetzt der Fall ist, und die Einrichtung wäre wie früher, so würde in dem Falle, wo von A nach C telegraphirt würde, auf der Station C ein doppelt so starker Strom, oder doch viel stärkerer Strom wirken, als wenn mit derselben Säule von A nach B gesprochen werden sollte. Um dies zu vermeiden ist jetzt folgende Einrichtung getroffen.

1. Stationsstellung. Ist auf der Zwischenstation, die man auch Eckstation nennt, der Umschalter Nr. 7 vorhanden, so hat daselbst die Apparaten-Verbindung folgendes Ansehen, welches in Fig. 250 dargestellt ist. Es seien von A nach C b Meilen und von C nach B a Meilen.

Es komme nun von A ein Strom. Derselbe geht zunächst durch das Galvanometer G nach der ersten oberen Schiene links. Loch 1 sei nicht gestöpselt, so geht er dann weiter nach der mittleren Tasterschiene, von da über die hintere nach dem Elektromagneten des Schreibhebels, der dann anspricht, von da geht der Strom nach dem Widerstande W_1, in dem a Meilen steht, dann nach der Schiene oben in der Mitte und

Fig. 250.



über das Loch 4, welches gestöpselt sein muss, zur Erde. Wir sehen also, dass bei der Stationsstellung Loch 4 zu stöpseln ist.

Wir sehen, dass hier der Strom den Widerstand W_1 durchläuft. Derselbe besteht in einer Holzbüchse, in die eine mit Graphit gefüllte Glasröhre eingeschoben ist, so, dass der Widerstand gleich der Anzahl der Meilen nach B ist. In gleicher Weise enthält die Rolle W soviel Meilen Widerstand als die Strecke von A nach C leistet.

Betrachten wir die Folgen dieser Einrichtung, so findet sich, dass durch die Einschaltung von a Meilen in den Stromlauf der Station C der Strom daselbst annähernd eben so stark sein muss, wie wenn er ohne Widerstandseinschaltung von A nach C gagangen wäre. Wir finden

also das Ziel erreicht und erkennen hieraus den Nutzen der eingeschalteten Widerstände.

Ein gleiches Resultat erhalten wir, wenn wir uns bei derselben Stöpselung von Loch 4 eine Correspondenz zwischen B und C denken. Der Strom geht dann von B über G_1 T_1 (Mittelschiene) nach S_1 W (b Meilen) Loch 4 zur Erde. Man wird erkennen, dass der Strom nicht über andere Schienen gehen konnte, da keine weiteren Löcher gestöpselt sind. Der Strom kann in diesem Falle auf Station C nur zur Erde.

Spricht nun die Station C, so bleibt Alles wie bisher, mag sie nach A oder B sprechen. Loch 4 ist gestöpselt. Wird dann Taster T gedrückt, so geht der Batteriestrom von der Mittelschiene des Tasters nach der oberen linken Schiene des Umschalters und von da über das Galvanometer nach A, es wird kein Widerstand eingeschaltet. Die Andeutung bei der Batterie B, dass die Leitung nach T hin von einem anderen Punkt der Batterie ausgeht als nach T_1 soll bezeichnen, dass die Leitung so geregelt ist, dass für die geringere Meilenzahl eine kleinere Batterie genommen wird. Aus dieser Zeichnung geht also hervor, dass b Meilen weniger sind als a Meilen, weil zu der letzteren Strecke die ganze Säule verwandt ist, für die erstere nicht. Wird T_1 gedrückt, so geht der Strom von der mittleren Tasterschiene nach der Umschalterschiene oben rechts über Galvanometer G_1 nach B.

2. Circularstellung. Soll der Strom von A nach B gehen, so hat er seine volle Meilenzahl $(a + b)$ ohne einzuschaltenden Widerstand zu machen. Alsdann kann, wenn der Strom von A oder von B kommt entweder Loch 3 oder Loch 5 gestöpselt werden. Aus Loch 4 wird der Stöpsel entfernt. Dann geht der von A kommende Strom in die erste obere Schiene links des Umschalters und aus dieser über Loch 3 nach S_1, welcher spricht, dann mittlere Tasterschiene T_1, und von dieser nach der oberen Umschalterschiene rechts und so nach B.

Kommt der Strom von B, so geht er über die obere rechte Umschalterschiene nach der mittleren Tasterschiene, lässt S_1 wieder sprechen und geht dann über Loch 3 nach A. Wird in beiden Fällen Loch 5 gestöpselt, so geht der Strom den anderen entsprechenden Weg.

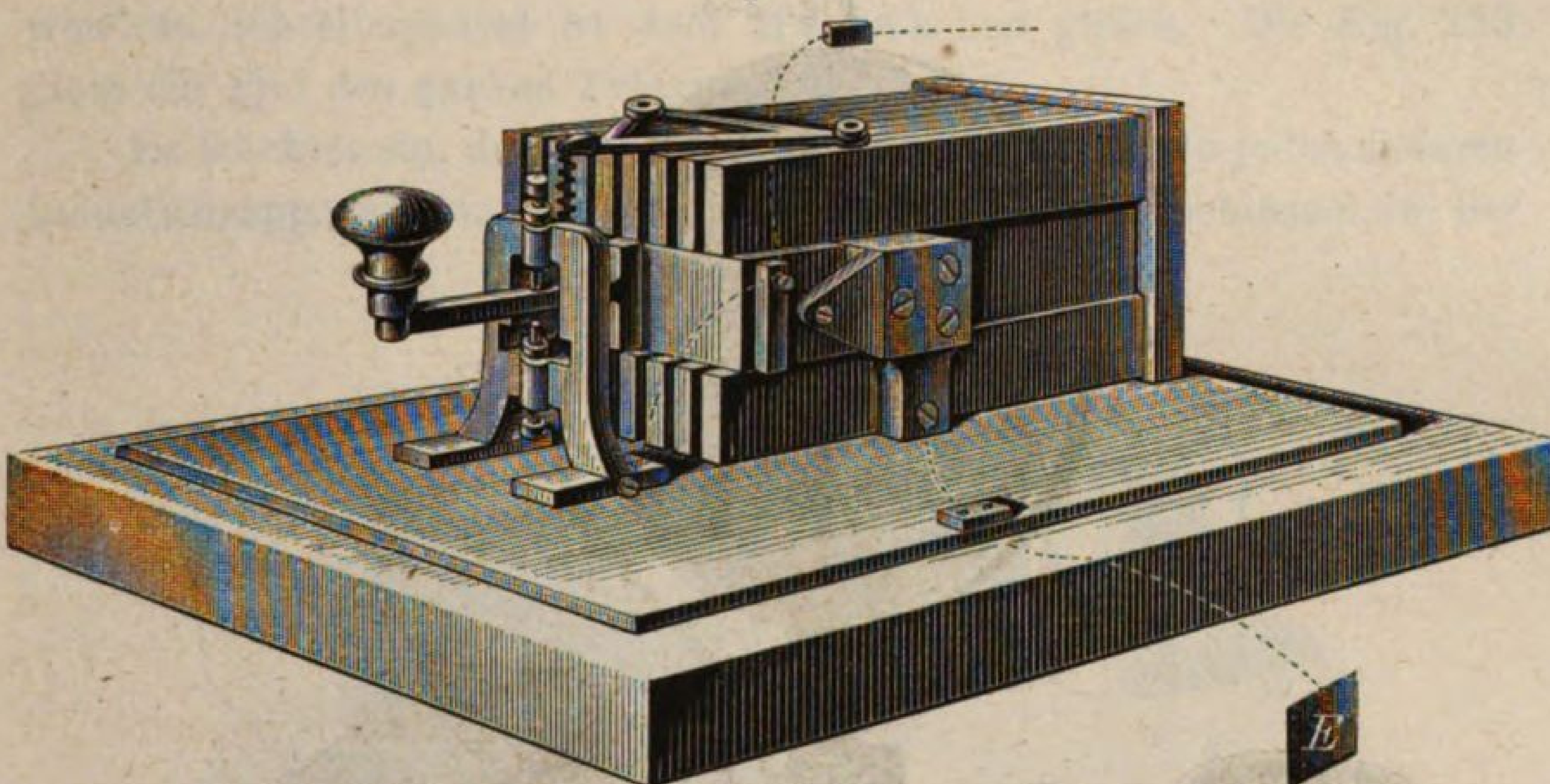
3. Direktstellung. In diesem Falle wird Loch 1 und 2 gestöpselt und der Strom durchläuft dann nur die Galvanometer.

§ 6.

Schreibtelegraphen ausser dem von Morse.

1. Der Magnetinductionsschlüssel. Um auch für den Morse'schen Telegraphen Magnetoinductionsströme zur Anwendung zu bringen,

Fig. 251.



haben Siemens und Halske einen Apparat construirt, welcher in der Fig. 251 dargestellt ist. Derselbe besteht aus einem Systeme in geringen Abständen von einander parallel liegender Stahlmagnete, zwischen

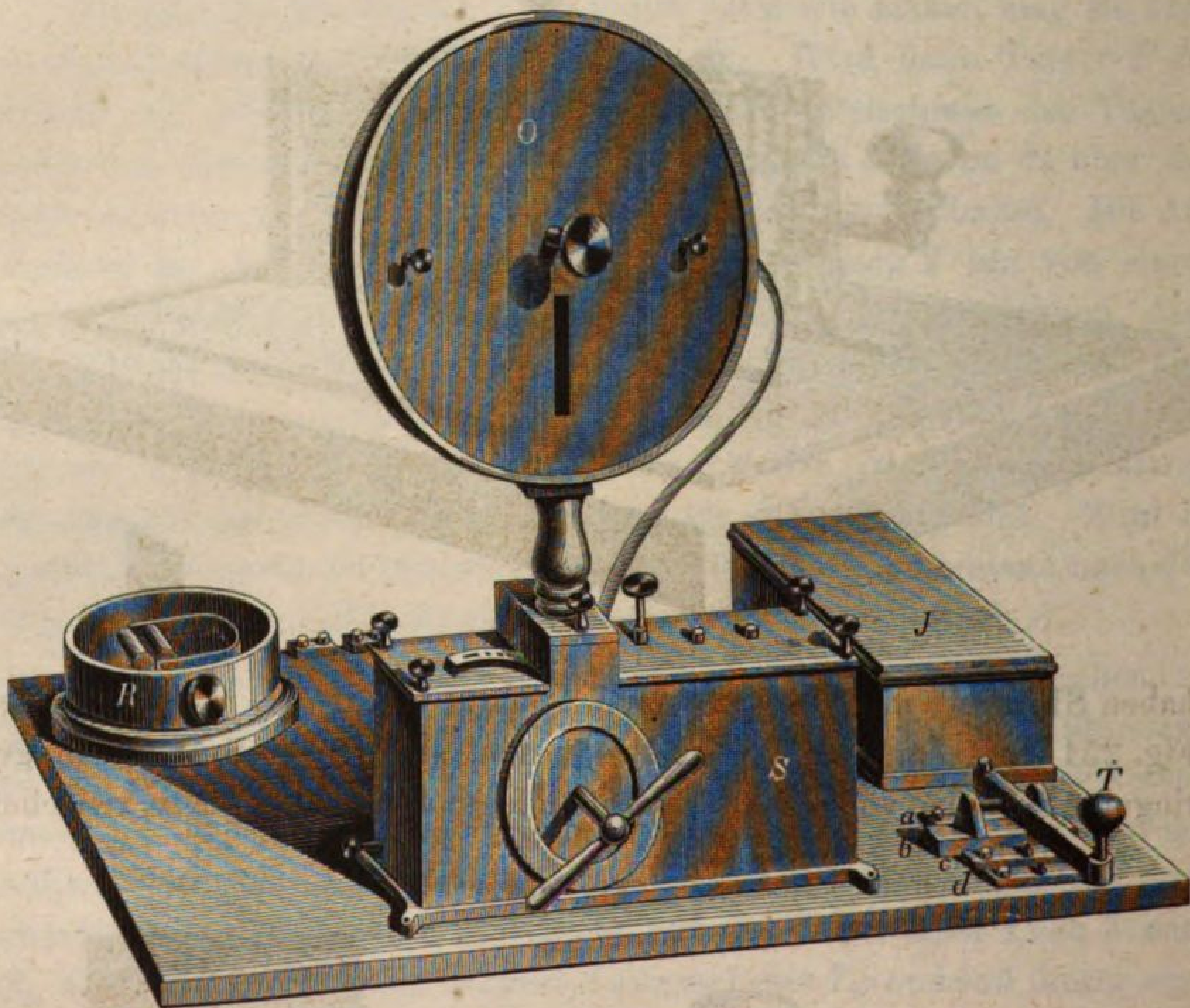
Fig. 252.



denen ein Anker von der Form, wie die Fig. 252 links zeigt, an einem Griff auf und ab bewegt werden kann. Die Fig. 252 rechts stellt einen Querschnitt dieses Ankers mit einer dazugehörigen Magnetlamelle dar. Wird der Griff gehoben, so berührt der mit der Inductionsspirale umwundene Anker mit dem vorderen Ende die Südpole der Magnete, während das

hintere Ende in die Nähe der Pole gebracht wird. Durch diese magnetische Erregung entsteht in der Spirale der nöthige Inductionsstrom, dessen Weiterleitung durch die Telegraphenlinie in der gehörigen Weise bewirkt wird, wie dies an Fig. 250 zu sehen ist. Beim Herabdrücken des Griffs werden die Pole des Ankers umgekehrt, und es entsteht also ein dem früheren entgegengesetzter Inductionsstrom.

Fig. 253.



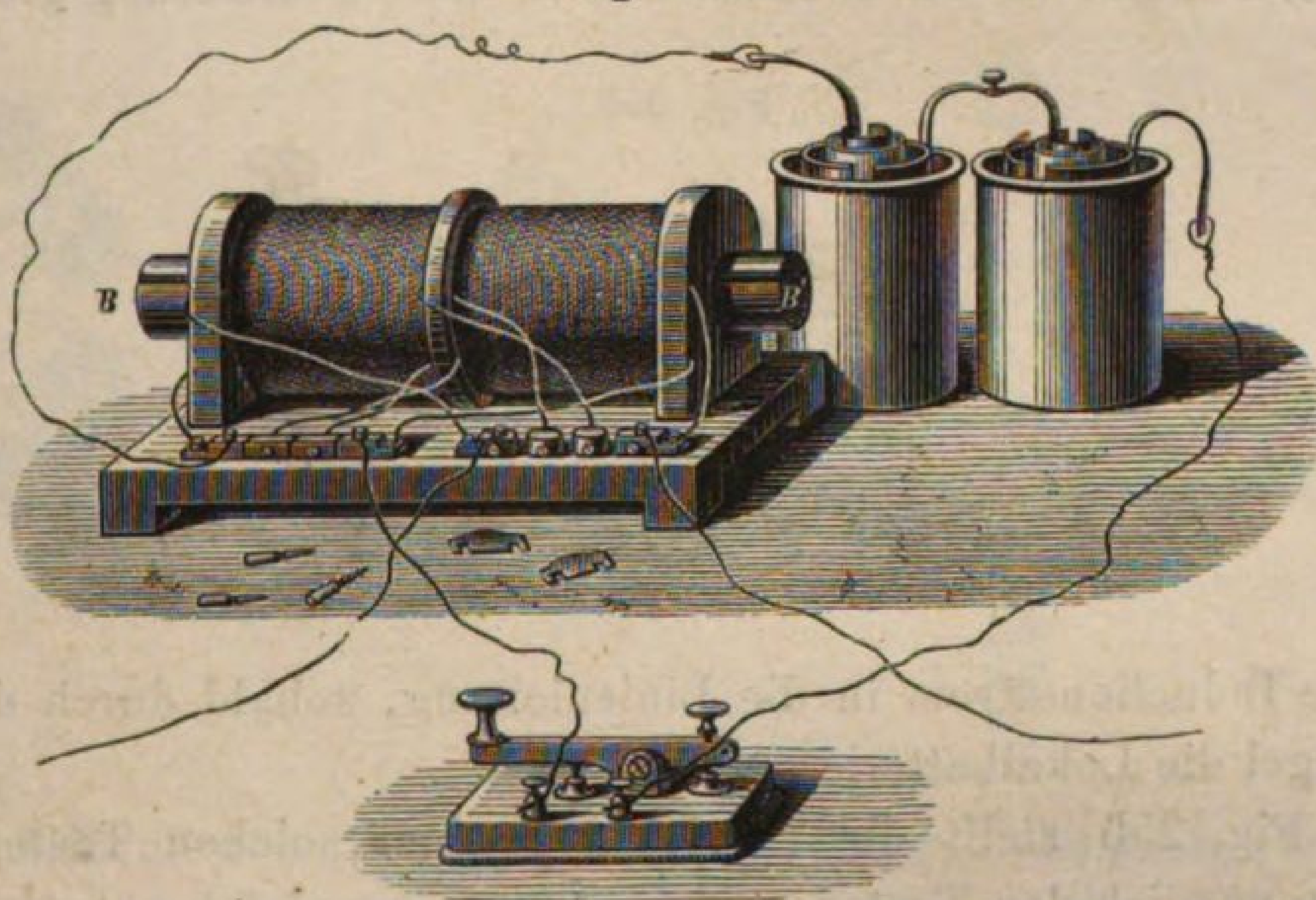
Denken wir mit diesem Inductionsapparate das vorn beschriebene polarisirte Relais auf der anderen Station verbunden, so wird bei dem einen dieser Inductionsströme die Zunge nach der Contaktschraube zum Schluss der Lokalbatterie geführt, woselbst sie so lange bleibt, bis der entgegengesetzte Strom sie wieder zum Ruhecontakt wendet. Man sieht also ein, dass durch ein Auf- und Abbewegen dieses Ankergriffs dieselben Zeichen wie mittelst des Morseschlüssels gegeben werden können, ohne dass eine Linienbatterie nöthig wäre. Die auf einander folgenden entgegengesetzten Ströme bieten den Vortheil, dass die Zeichen des Morse'schen Alphabets schärfer von einander geschieden

werden, im Uebrigen gelten für den Apparat dieselben Bedingungen, welche in Bezug auf die Inductionsapparate überhaupt besprochen sind[1]).

2. Der Inductions-Schreibtelegraph von Siemens und Halske. Mittelst dieses eben beschriebenen Inductionsschlüssels machen es also Siemens und Halske möglich auch den Morse'schen Telegraphen in Bewegung zu setzen. Der eigentliche hierbei angewendete Schreibapparat ist dem Morse'schen gleich. Die Fig. 253 giebt ein Bild des ganzen Telegraphen.

Es leuchtet ein, dass der Telegraph ebenso gut durch jeden anderen Inductionsapparat wie durch den Magnet-Inductionsschlüssel in Bewegung gesetzt werden kann.

Fig. 254.



Da nun beim Morse-Telegraphen eine Lokalbatterie doch vorhanden sein muss, so bringen Siemens und Halske in diesem Falle den Inductionsstrom gewöhnlich in folgender Weise hervor.

Der Eisenkern des Inductors Fig. 254 ist mit einer aus stärkerem Draht bestehenden primären und darauf mit einer sekundären Spirale umwunden. Wird nun der Strom der gewöhnlichen Lokalbatterie mittelst Niederdrücken des Tasters durch die primären Windungen geleitet, so ruft derselbe in dem weichen Eisenkern einen starken Magnetismus und hierdurch in der sekundären Spirale einen kräftigen Inductionsstrom hervor, der die Leitung und alle eingeschalteten Relais durchläuft. Beim

[1]) Bericht des Vereins für Eisenbahnkunde, 10. März 1857, pag. 117.

Unterbrechen des in der primären Spirale circulirenden Stromes, durch Loslassen des Tasters, entsteht in der sekundären Spirale, mithin auch in der Leitung, ein zweiter, gleich starker Strom von entgegengesetzter Richtung, welcher ebenfalls die Leitung mit den eingeschalteten Relais durchläuft etc.

Da nun durch das Loslassen des Tasters die Linienleitung unterbrochen wird, so würde auch der dadurch hervorgerufene Inductionsstrom nicht entstehen können, wenn nicht sonst noch leitende Verbindung vorhanden wäre. Um diese auch nach dem Oeffnen der Lokalbatterie noch mit der Linienleitung und der Inductionsspirale zu unterhalten, hat der Taster vorn beim Knopf zwei Contaktkegel, deren einer mittelst einer am Tasterhebel befindlichen Feder eher geschlossen wird und sich etwas später öffnet als der andere. Durch diese Schliessung geht dann

Fig. 255.



der kurze Inductionsstrom in die Linienleitung, sobald durch den anderen Kegel die Lokalbatterie geöffnet wird.

Die Fig. 255 stellt die Einrichtung eines solchen Tasters dar. Lässt man nämlich den Taster, welcher zuvor *a* und *b* berührte, los, so wird bei *a* unterbrochen, die Feder hält aber noch *b* in leitender Verbindung, bis nach noch weiterer Hebung auch bei *b* unterbrochen wird.

3. Der Doppelstift-Apparat von Stöhrer. Der Uebersicht wegen müssen wir noch zwei andere Apparate erwähnen, welche Abänderungen der Morse'schen Einrichtung darstellen, sich gegenwärtig jedoch wohl nicht mehr in praktischer Anwendung befinden.

Der eine derselben ist der Doppelstiftapparat von Stöhrer.[1]) Durch die Erfahrung geleitet, dass der Wheatstone'sche Nadeltelegraph mehr als doppelt so grosse Geschwindigkeit besitzt als der Morses, suchte Stöhrer die Geschwindigkeit des Telegraphirens dadurch zu vergrössern, dass er statt des einen Morse'schen Schreibhebels zwei derselben in Anwendung brachte, welche durch zwei Schlüssel in Bewegung

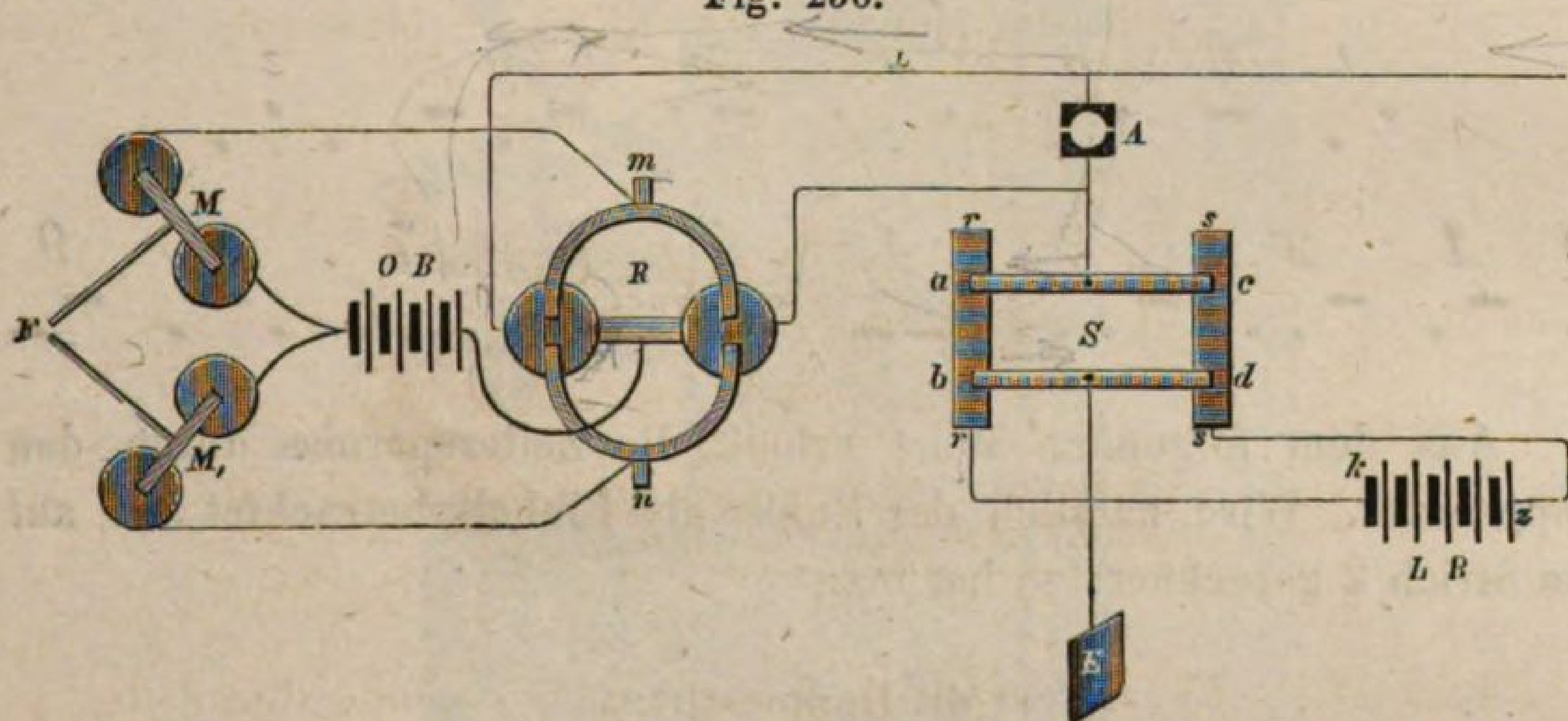
[1]) Schellen, Elektrom. Teleg. p. 294; Du Moncel, Appl. de l'électr. II. p. 101.

gesetzt werden. Die beiden Stifte der Schreibhebel enden dicht nebeneinander an einer der Morse'schen ähnlichen Frictionswelle, über welche, wie bei jenem Apparate, sich der Papierstreifen durch das Laufwerk getrieben hinbewegt.

Mittelst zweier Stahlmagnete und eines Elektromagneten am Relais wird der eine oder andere Schreibhebel in Bewegung gesetzt, je nachdem der Strom von der arbeitenden Station mittelst zweier Schlüssel in der einen oder anderen Richtung durch die Leitung gesandt wird.

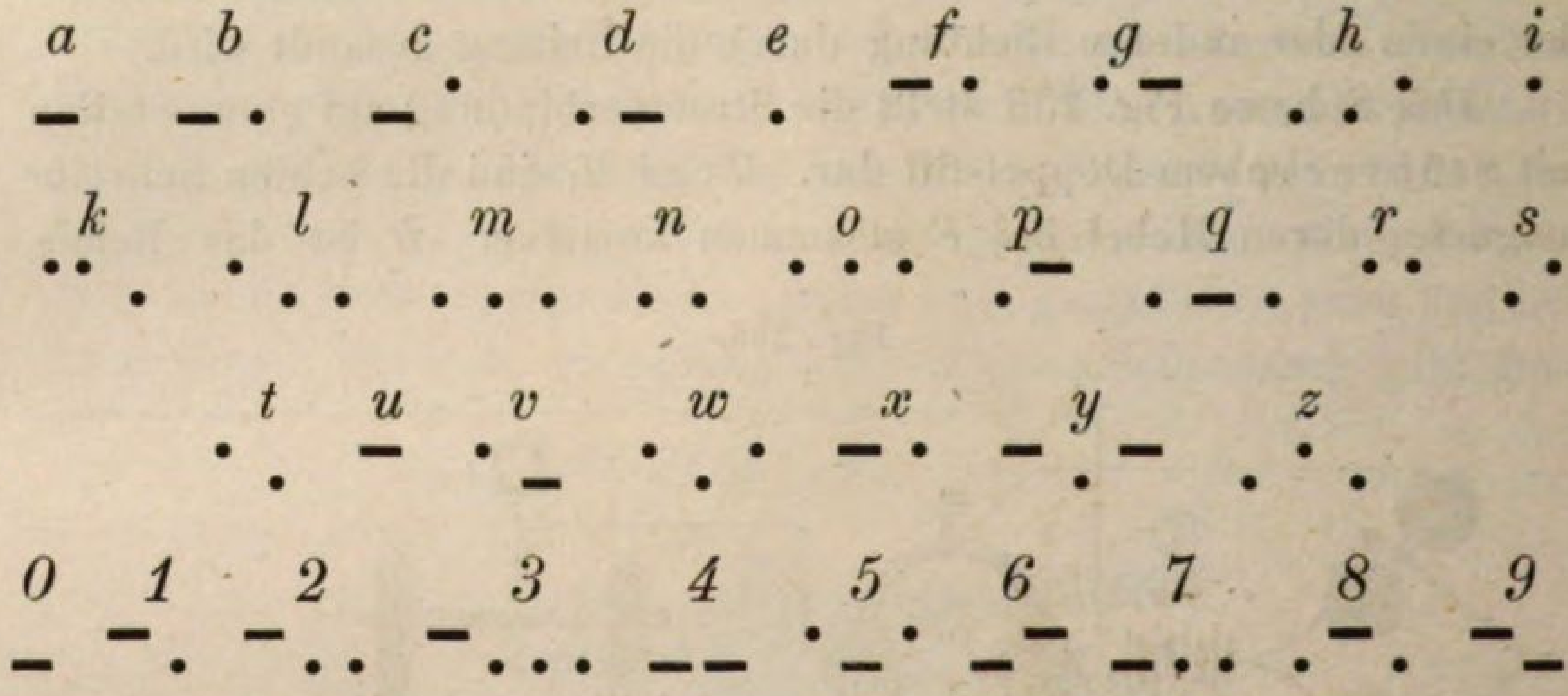
Das Schema Fig. 256 stellt die Stromverbindung auf einer Station mit Stöhrer'schem Doppelstift dar. *M* und M_1 sind die beiden Schreibmagnete, deren Hebel bei *F* zusammen kommen. *R* ist das Relais,

Fig. 256.



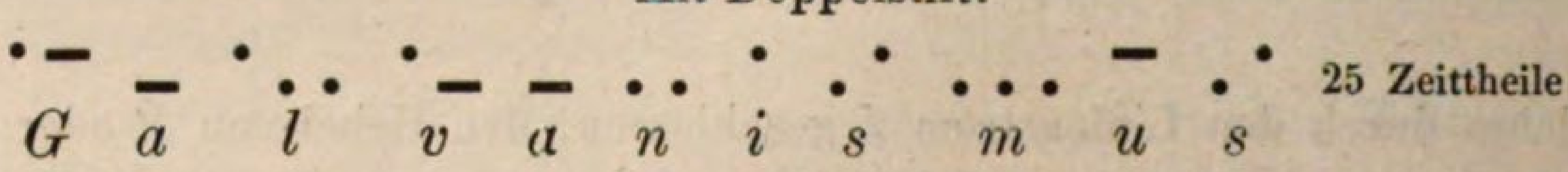
welches durch den Linienstrom *L* geschlossen, den Hebel von *M* oder M_1 in Bewegung setzt, je nachdem der positive oder negative Strom die Ortsbatterie *OB* bei *m* oder *n* schliesst. Der Linienstrom geht, nachdem er durch das Relais gegangen, nach den beiden Schlüsseln *a c* und *b d*, und nimmt durch das Querstück *r r*, welches beide Schlüssel in der Ruhe berühren, seinen Weg zur Erde, indem er die beiden Vordertheile der Schlüssel in entgegengesetzter Richtung durchströmt. In dieser Weise empfängt der Telegraph Schrift. Wird dagegen nun einer der Schlüssel gedrückt, und dabei der Ausschalter bei *A* geschlossen, so sendet die Linienbatterie entweder den positiven, oder den negativen Strom durch die Leitung *L*. Denken wir nämlich den Schlüssel *bd* bei *d* niedergedrückt, so geht der Strom von *Z* über *s*, *d* zur Erde, während der Strom von *K* aus über *r*, *a A* auf der Linie zur Gegenstation geht. Drückt man dagegen *ac*, so nimmt, wie man sieht, der Strom von *z* aus seinen Lauf durch den Liniendraht, während der von *K* über *r*, *b* sich zur Erde wendet.

Die Anwendung zweier Stifte verwandelt die beiden Zeichen Strich und Punkt in vier, indem beide auf zwei Reihen angewandt werden können. In Folge dessen sind zur Herstellung der Buchstaben des Alphabets nicht so viele Grundzeichen neben einander erforderlich als beim Morse'schen Telegraphen, es muss also die Darstellung der Schrift weniger Zeit erfordern. Das Stöhrer'sche Alphabet ist folgendes:

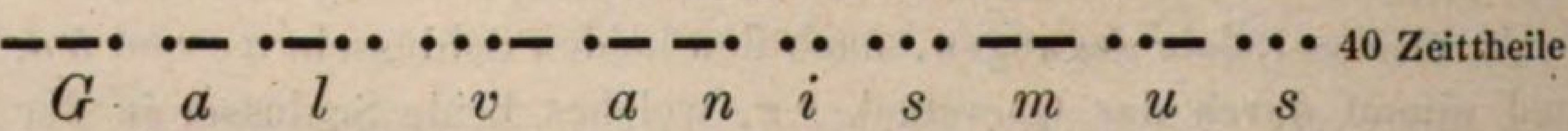


Aus dem folgenden Wort erhellt die Zeitersparniss durch den Doppelstift. Wird nämlich der Punkt als Einheit betrachtet und auf den Strich 2 gerechnet, so hat man:

Mit Doppelstift:



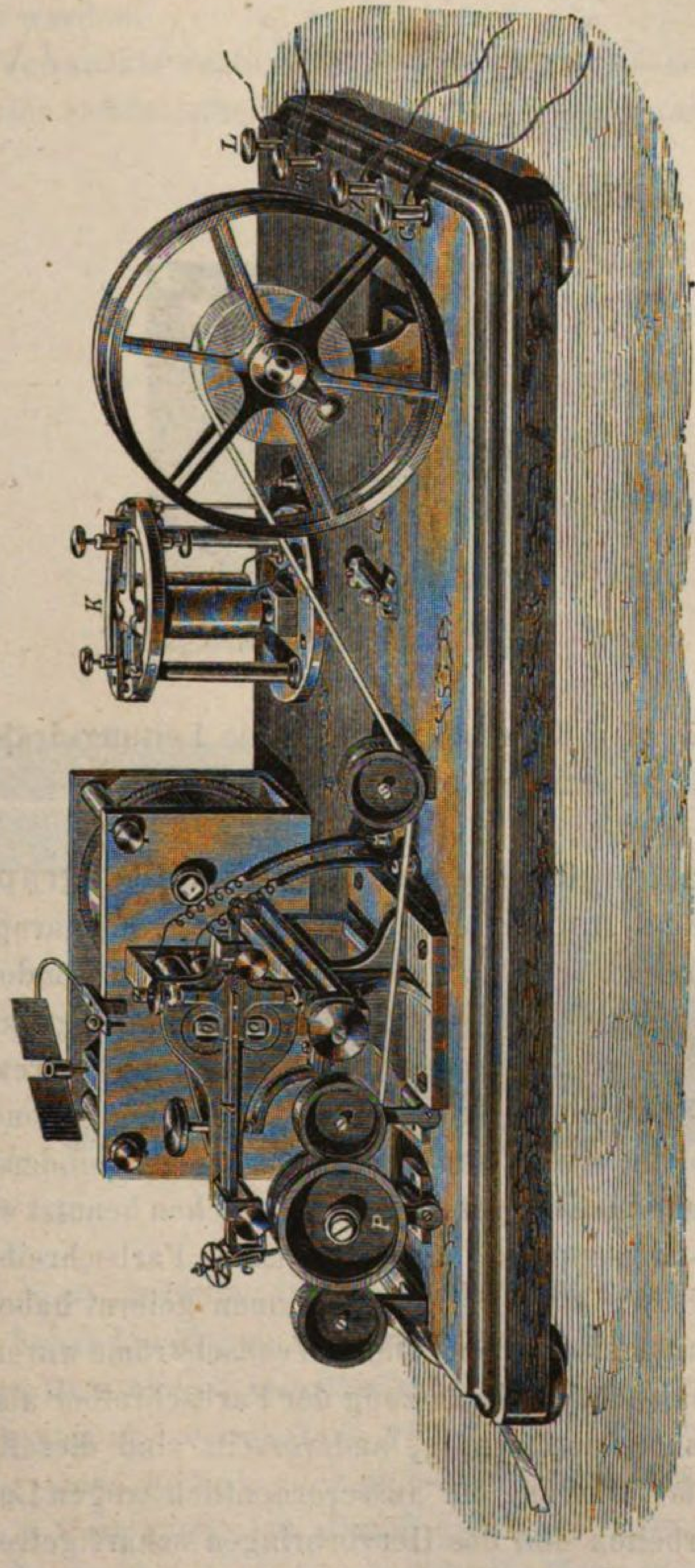
Mit einfachem Stift:



4. Der Telegraph von Froment. Ausser diesem Stöhrer'schen Apparate existirt noch ein Telegraph von Froment, der in der Fig. 257 vollständig dargestellt ist. Dieser Telegraph unterscheidet sich von dem Morse'schen wesentlich durch die Einrichtung des Schreibhebels *A*. Derselbe ist nämlich um eine senkrechte Axe drehbar und wird bei der Schliessung und Unterbrechung des Linienstromes durch eine Feder und einen horizontal liegenden Hufeisenelektromagneten *o o* in horizontaler Ebene hin und her bewegt. Bei dieser Bewegung zeichnet er mittelst eines gewöhnlichen Bleistiftes bei *c* auf dem über die Walze *P* laufenden Papierstreifen Zickzacklinien in der Weise wie Fig. 258 darstellt.

Anstatt des gewöhnlichen Morse'schen Schlüssels zur Stromunterbrechung bedient sich Froment eines Zahnrades, auf dem zwei Federn

Fig. 257.



schleifen, welche bei Drehung des Rades abwechselnd, wie Fig. 259 zeigt, den Strom herstellen und unterbrechen.

Die übrigen Theile des Apparates sind denen des gewöhnlichen Morse'schen ähnlich und aus der Fig. 257 von selbst klar. *L, T, Z*

Fig. 258.

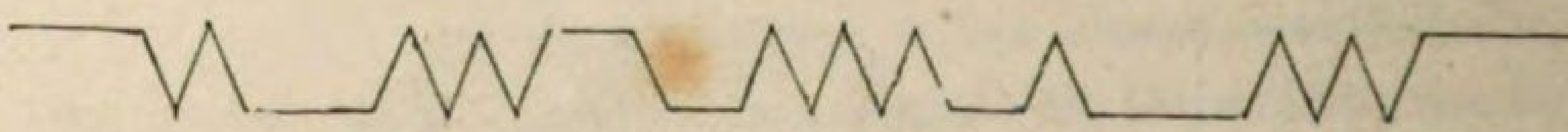
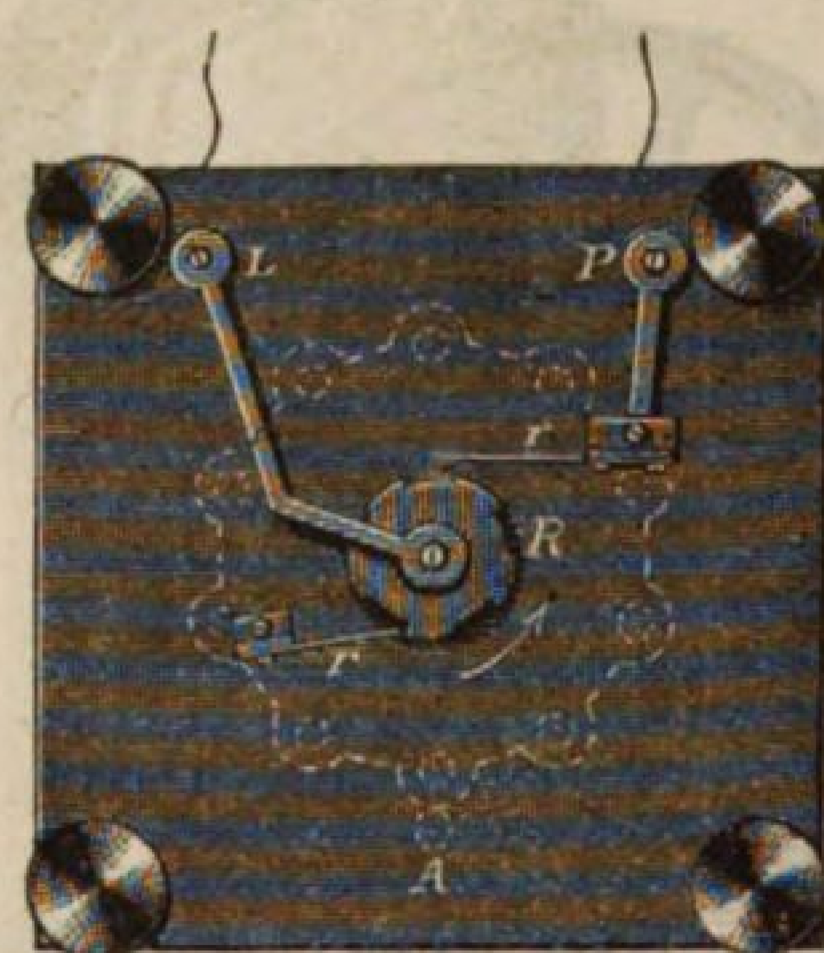


Fig. 259.



und *C* sind die vier Klemmen, welche die Leitungsdrähte der Linien- und Lokalbatterie aufnehmen.

5. Apparate des indoeuropäischen Telegraphensystems von Siemens und Halske. Von der indoeuropäischen Telegraphengesellschaft ist eine Telegraphenlinie von London über Berlin, Warschau, Odessa durch Persien nach Indien hergestellt, für deren Betrieb auf der hiesigen Centralstation ein eigenes Bureau eingerichtet ist. Auf den Stationen derselben sind von Siemens besondere Apparate eingeführt, welche sowohl zur gewöhnlichen Corespondenz, als auch für den Empfang automatisch versendeter Depeschen benutzt werden können.

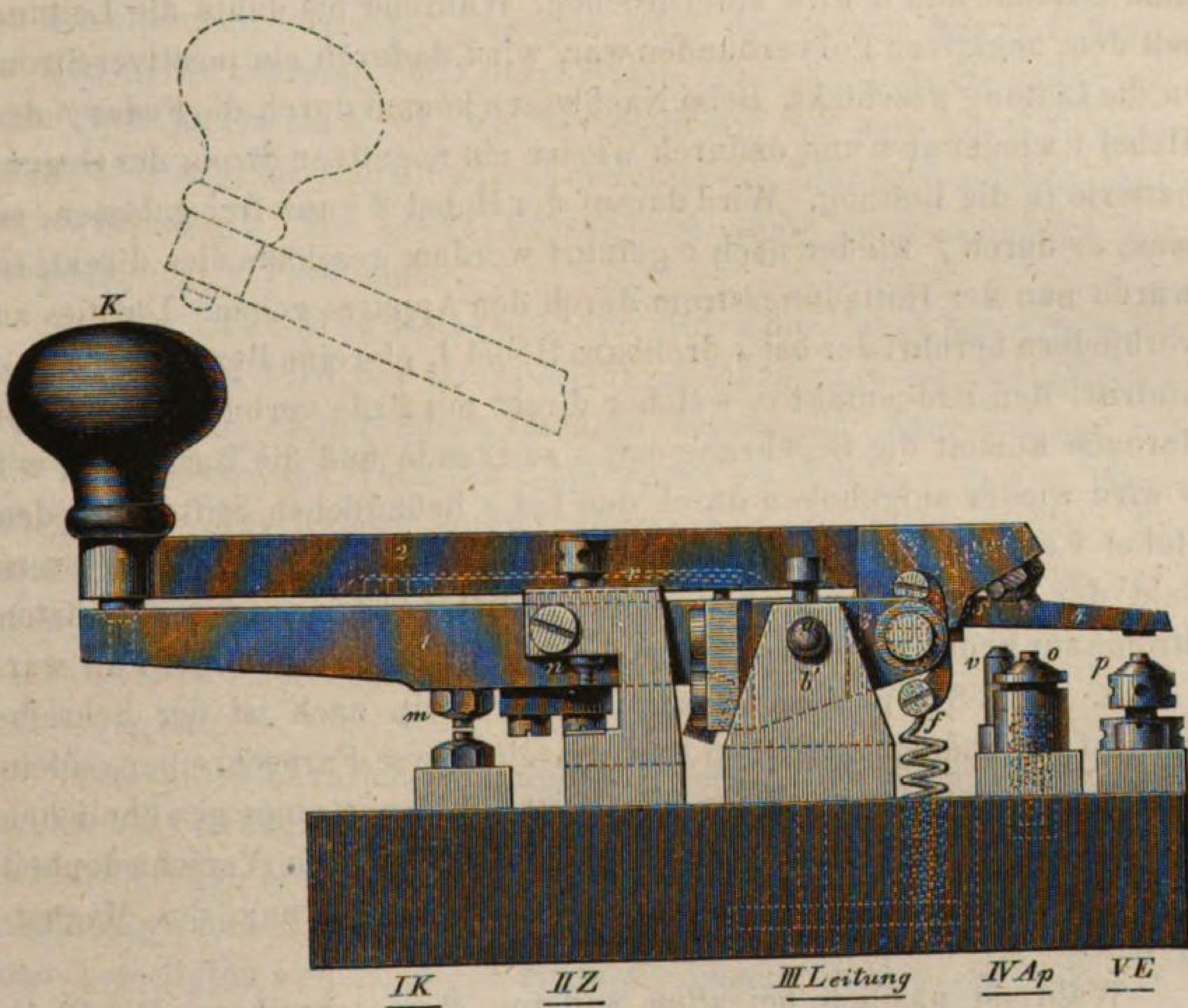
Die Empfangsapparate sind polarisirte Farbschreiber mit Selbstauslösung, wie wir sie vorn bereits kennen gelernt haben und werden mit Wechselströmen betrieben. Diese Wechselströme waren einerseits für die anfangs beabsichtigte Benutzung der Farbschreiber als automatische Empfangsapparate nothwendig, andererseits sind dieselben auch vortheilhaft behufs Entladung der ausserordentlich langen Leitungen, wenn ein rasches Arbeiten und das Hervorbringen scharf getrennter Zeichen ermöglicht werden soll.

Zur gehörigen Verwendung dieser Wechselströme beim Telegraphiren mit nicht automatischen Apparaten bedarf es nun eines an-

deren als des gewöhnlichen Tasters, und Siemens construirte zu diesem Zwecke einen solchen, welcher mit seinem bereits beschriebenen Submarinschlüssel Aehnlichkeit hat, aber bequemer zu handhaben ist. Derselbe hat folgende Einrichtung und ist von dem Erfinder Wechselstromtaster genannt worden.

1. Der Wechselstromtaster. Dieser Schlüssel hat ausser dem Körper noch vier Contaktstücke, wie sie die Fig. 260 darstellt.

Fig. 260.



Statt des sonst einfachen Tasterhebels besteht derselbe aus zwei über einander liegenden Hebeln 1 und 2. Der mit 1 bezeichnete untere Hebel hat einen Hub, wie ein gewöhnlicher Tasterhebel und ist mit den beiden Contacten *m* und *n* versehen, von denen der erste mit dem positiven Pole der einen Batterie, der andere mit dem negativen Pole der Gegenbatterie in Verbindung ist. Der Hebel 2 hat einen viel grösseren Hub und steht in der Ruhelage so, wie dies die Figur punktirt zeigt. In diese Lage wird der Hebel durch die Feder *f* gebracht, die ihn gleichzeitig gegen den Contakt *o* presst. Dieser Contakt ist durch die Magnet-

windungen eines Farbschreibers oder Relais mit der Erde in leitender Verbindung. Dagegen ist der ankommende Strom mit dem Lager b^1 verbunden, so dass derselbe seinen Weg durch die Windungen des Schreibapparates oder Relais zur Erde nehmen muss.

Soll nun aber mit dem Taster telegraphirt werden, so wird der Knopf *k* herabgedrückt und dadurch zunächst 2 mit 1 in Berührung gebracht mittelst einer Feder *r*, die über *p* zur Erde leitet. Gleich darauf aber berührt auch der Contakt unter *k* den Hebel 1 und nun arbeiten beide Hebel wie einer weiter. Beim Weiterdrücken kommt nämlich *m* zum Contakt und *n* wird unterbrochen. Während bis dahin die Leitung mit dem negativen Pol verbunden war, wird dadurch ein positiver Strom in die Leitung geschickt. Beim Nachlassen kommt durch die Feder *f* der Hebel 1 wieder an *n* und dadurch wieder ein negativer Strom der Gegenbatterie in die Leitung. Wird darauf der Hebel 2 ganz frei gelassen, so muss er durch *f* wieder nach *o* geführt werden, geschähe dies direkt, so würde nun der Entladungsstrom durch den Apparat gehen. Um dies zu verhindern berührt der bei *s* drehbare Hebel 4, ehe eine Berührung mit *o* eintritt, den Erdcontakt *p*, welcher direkt mit Erde verbunden ist. Erst darnach kommt die Berührung mit *o* zu Stande und die Berührung mit *p* wird wieder aufgehoben durch den bei *o* befindlichen Stift *v*, der den Hebel 4 am vorderen Ende etwas hebt. So bewirkt also die grössere Zahl der Contakte eine wiederholte Ableitung der entgegengesetzten Ströme zur Erde, wie dies bei dem Submarinschlüssel auch der Fall war.

2. Der Schreibapparat. Dem Princip nach ist der Schreibapparat des indoeuropäischen Systems ein Morse-Farbschreiber, allein die Construction der einzelnen Theile ist von denen eines gewöhnlichen Apparates dieser Art durchaus verschieden. Diese Verschiedenheit wird bewirkt durch die ganz abweichende Einrichtung des Magnetsystems.

Während nämlich bei allen anderen Morseschreibern der Elektromagnet aus einem Hufeisen besteht, dessen beide Schenkel senkrecht mit den Polen nach oben stehend mit je einer Spirale umgeben sind, wird in diesem Falle ein horizontal von vorn nach hinten liegender Eisenkern von einer Spirale umgeben. Die beiden Pole dieses Magnetstabes haben über der Spirale hervorragende ebenfalls horizontalliegende Fortsätze, welche senkrecht auf dem Kerne stehen, so dass das Ganze eine Art von Hufeisen bildet, dessen mittlerer Theil vom Strome umflossen wird.

Die beiden seitlichen Polarme haben über ihren Enden je einen Pol eines Hufeisen-Stahlmagneten, welcher nach oben steht, und dessen

Entfernung von den Elektromagnetpolen verkleinert oder vergrössert werden können. Der Elektromagnet ist in seinem von vorn nach hinten reichenden umwickelten Theile um seine Axe drehbar, so dass die horizontal seitwärts reichenden Fortsätze nach oben oder unten bewegt werden können. Nach oben werden sie durch den Stahlmagneten gezogen, während eine Feder sie nach unten ziehen kann, je nachdem der angewendete Strom ein positiver oder ein negativer ist.

Der Magnetfortsatz, welcher auf der vorderen Seite sich befindet, trägt eine hakenförmige Verlängerung, an deren äusserstem Ende sich das Farbrädchen befindet. Dagegen trägt der andere Magnetfortsatz, welcher an der hinteren Seite hervorsteht, einen Arm aus Neusilber mit einem Sperrhaken am Ende, welcher nach Art der vorn beschriebenen Selbstauslösung, die selbstthätige Auslösung des hier vorhandenen Laufwerks vermittelt. Mit dieser Vorrichtung steht dann diejenige der Uebertragung in Verbindung.

3. Der Centrifugalregulator. Bei allen bisher beschriebenen Morseschreibern wird die erforderliche gleichmässige Geschwindigkeit des ablaufenden Papierbandes dadurch hergestellt, dass auf der am schnellsten rotirenden Welle des Räderwerks ein Windfang unwandelbar befestigt ist. Durch diese Vorrichtung wird es aber nicht möglich, die Geschwindigkeit nach Belieben zu ändern. Dies wird nun an dem vorliegenden Apparate durch eine Spindel ermöglicht, an der sich eine Schraube ohne Ende befindet, in die ein Zahnrad an der Axe des Laufwerks eingreift.

Setzt dieses Zahnrad die Spindel in schnelle Rotation, so werden zwei an ihr befestigte, mit ihr parallele Federn, an deren unteren Enden zwei birnförmige Metallklötze einander gegenüber stehen, aus einander geschleudert, und mit den an der nach aussen gekehrten Seite der Metallklötze befestigten Federn gegen eine cylindrische Büchse gedrückt. In dieser Weise wird dann die Umdrehungsgeschwindigkeit sowohl der Spindel, wie des sie treibenden Räderwerks verzögert.

Um nun diese Verzögerung grösser oder geringer machen zu können, ist über den im Ruhezustande an der Spindel herabhängenden Federn, welche die Metallklötze tragen, eine Hülse verschiebbar. Ist diese Hülse nicht über die Federn herabgeschoben, so ist ihr durch die Centrifugalkraft bewirkter Ausschlag am grössesten, und die Metallklötze werden mit grosser Kraft gegen die Wand der Büchse gedrückt und hemmen so in grösserem Maasse die Geschwindigkeit des Ganges, als wenn die Hülse über den Federn herabgeschoben wird. Geschieht dies, so wird der Theil der Federn, welcher nach aussen geschleudert werden kann

verkürzt, die Metallklötze können also dann nicht mit derselben Kraft gegen die Wand der Büchse gedrückt werden, die Verzögerung wird mithin auf diesem Wege vermindert. So wird es möglich die Ganggeschwindigkeit innerhalb sehr weiter Gränzen abzuändern.

4. Der Stromlauf auf einer Station des indoeuropäischen Telegraphensystems.

A. Stationsstellung. Die Figur 261 stelle die Verbindungen zwischen den Apparaten einer solchen Station dar. Wir nehmen an, es werde mit einem Taster telegraphirt. Bevor wir den hierbei stattfindenden Vorgang beschreiben, muss zunächst der einfache Weg des ankommenden Stromes angegeben werden. Die Kurbeln beider Umschalter stehen auf *S*, d. h. es ist Stationsstellung. Der etwa von Teheran kommende Strom durchläuft das Galvanometer *G* geht nach *S* des Umschalters *U*, von da zur mittleren Schiene des Tasters *T*, über den ruhenden Hebel zur Schiene (Contakt *p*) durch die Windungen des Elektromagneten bei 1 und über 2 zur Erde.

Wird nun aber telegraphirt, so wird der hochstehende Hebelarm 2 des Schlüssels *T* niedergedrückt, und kommt nun mit dem Hebelarm 1, welcher vor der Schiene *III* (Mittelschiene) isolirt befestigt ist und mit dem Zinkpol B^1 in Verbindung steht, in Berührung. Dadurch wird einerseits die Verbindung mit der Schiene *IV*, Contakt *O*, (also dem Apparat) gänzlich aufgehoben, so dass der Telegraphist von der Adressstation her nicht unterbrochen werden kann; andererseits wird Schiene III eine Zeit lang mit Schiene *V* (Erde) verbunden und ein etwaiger Ladungsrest in die Erde abgeführt. Schiene *III* (Leitung) ist also mit *II* (Zinkpol) in Verbindung.

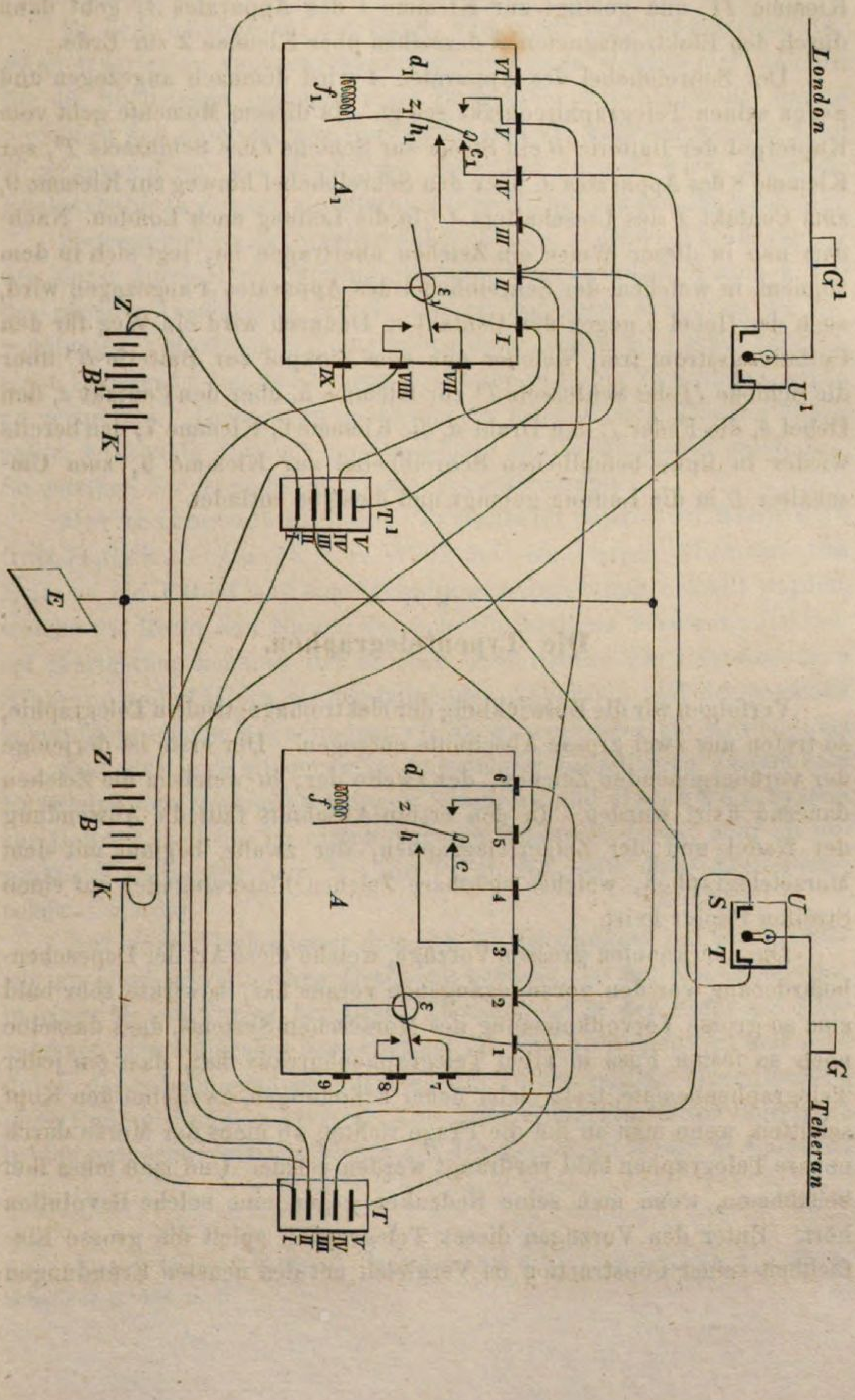
Werden nun die beiden vereinigten Hebel auf den Contakt *I* (*m*) niedergedrückt, so entfernt sich der untere Hebel von dem Zinkcontakt der Schiene *II*, es geht nun ein Strom vom Kupferpol der Batterie *B* zur Schiene *I*, von da zur Schiene *III* über den niedergedrückten Hebel zum Umschalter in die Leitung.

Wird nach Beendigung des Zeichens der Hebel losgelassen, doch so, dass er noch mit dem unteren in Verbindung bleibt, so stösst der untere Hebel 1 gegen den Zinkcontakt der Schiene *II* und es geht nun aus der Batterie B^1 über Schiene *II*, die beiden Hebel zur Schiene *III* ein Zinkstrom in die Linie und entladet dieselbe.

B. Uebertragung. Die Kurbeln beider Umschalter *U* und U_1 stehen auf *T*.

Der Strom von Teheran geht durch *G* über die Kurbel von *U* auf *T* zur Klemme *IX* des Apparates A_1, zum Schreibhebel desselben über

Fig. 261.



den Ruhecontakt zur Klemme *VII*, von da zur Klemme *VI*, durch die Verbindung d_1, Feder f_1 zum Contakt c_1 des mit dem Schreibhebel und dem Auslösewerk in Verbindung stehenden Hebels h^1, von da zur Klemme *IV* und gelangt zur Klemme 1 des Apparates *A*, geht dann durch den Elektromagneten *E* desselben über Klemme 2 zur Erde.

Der Schreibhebel des Apparates *A* wird demnach angezogen und gegen seinen Telegraphircontakt gelegt. In diesem Momente geht vom Kupferpol der Batterie *B* ein Strom zur Schiene *I* des Schlüssels T^1, zur Klemme 8 des Apparates *A*, über den Schreibhebel hinweg zur Klemme 9, zum Contakt *T* des Umschalters U^1 in die Leitung nach London. Nachdem nun in dieser Weise ein Zeichen übertragen ist, legt sich in dem Moment, in welchem der Schreibhebel des Apparates *A* angezogen wird, auch der Hebel *h* gegen den Contakt *z*. Dadurch wird ein Weg für den Entladungsstrom frei, welcher nun vom Zinkpol zur Batterie B^1 über die Schiene *II* des Schlüssels T^1 zur Klemme 5, über den Contakt *z*, den Hebel *h*, die Feder *f*, den Draht *d*, die Klemme 6, Klemme 7, den bereits wieder in Ruhe befindlichen Schreibhebel zur Klemme 9, zum Umschalter *U* in die Leitung gelangt und dieselbe entladet.

§ 7.

Die Typentelegraphen.

Verfolgen wir die Entwicklung der elektromagnetischen Telegraphie, so treten uns zwei grosse Abschnitte entgegen. Der erste ist derjenige der vorübergehenden Zeichen, der zweite der, in welchem die Zeichen dauernd fixirt wurden. In den ersten Abschnitt fällt die Anwendung der Nadel- und der Zeigertelegraphen, der zweite beginnt mit dem Morsetelegraphen, welcher sichtbare Zeichen hintereinander auf einen Streifen Papier fixirt.

Die anerkannten grossen Vorzüge, welche diese Art der Depeschenbeförderung vor den vorangegangenen voraus hat, bewirkte sehr bald eine so grosse Vervollkommung des Morseschen Systems, dass dasselbe noch so festen Fuss in allen Telegraphenbureaux hat, dass ein jeder Telegraphenbeamte, trotz vieler neuer Erfindungen, zweifelnd den Kopf schüttelt, wenn man an ihn die Frage richtet, ob nicht der Morse durch neuere Telegraphen bald verdrängt werden würde. Und man muss ihm beistimmen, wenn man seine Bedenken gegen eine solche Revolution hört. Unter den Vorzügen dieses Telegraphen spielt die grosse Einfachheit seiner Construction im Vergleich mit den neusten Erfindungen

nicht die geringste Rolle, und gerade diese ist es, die ihm noch immer den ersten Rang sichert, während er an Geschwindigkeit der Depeschenbeförderung bereits von neueren Telegraphen übertroffen wird.

Es liegt nämlich auf der Hand, dass unter übrigens gleichen Umständen derjenige Apparat schneller arbeiten muss, welcher nicht Zeichen für die Buchstaben, sondern diese Buchstaben selbst herstellt, und in derselben Zeit einen ganzen Buchstaben druckt, während welcher beim Morseapparat nur ein Strich oder ein Punkt gemacht wird, deren ein Buchstabe bis zu vier und ein Interpunktionszeichen sogar sechs gebraucht.

Siemens und Halske waren wohl die Ersten, welche auf Verdrängung des Morse durch Herbeiführung grösserer Geschwindigkeit sannen. Bei der grossen Ausdehnung jedoch, die zur Zeit ihrer Erfindung die Anwendung des Morseschen Telegraphen hatte, waren sie darauf bedacht, einen Uebergang von dem System des Morse zu ihrem Typentelegraphen zu vermitteln. Denn wenn überhaupt ein neues System Eingang finden sollte, so konnte dies nur im Anschlusse an das Morsesche geschehen. So entstand der magnetoelektrische Typentelegraph.

Der magnetoelektrische Typentelegraph von Siemens und Halske. Am 13. Nov. 1862 ist den Herren Siemens und Halske ein Patent auf eine Telegrapheneinrichtung ertheilt worden, welche mit Recht den Namen des Schnellschreibers verdient. Bei dieser Einrichtung kommen der so eben beschriebene Farbschreiber von Siemens und Halske als empfangender Apparat[1]), und der ebenfalls schon besprochene Magnetinductor[2]) als Stromerreger zur Anwendung.

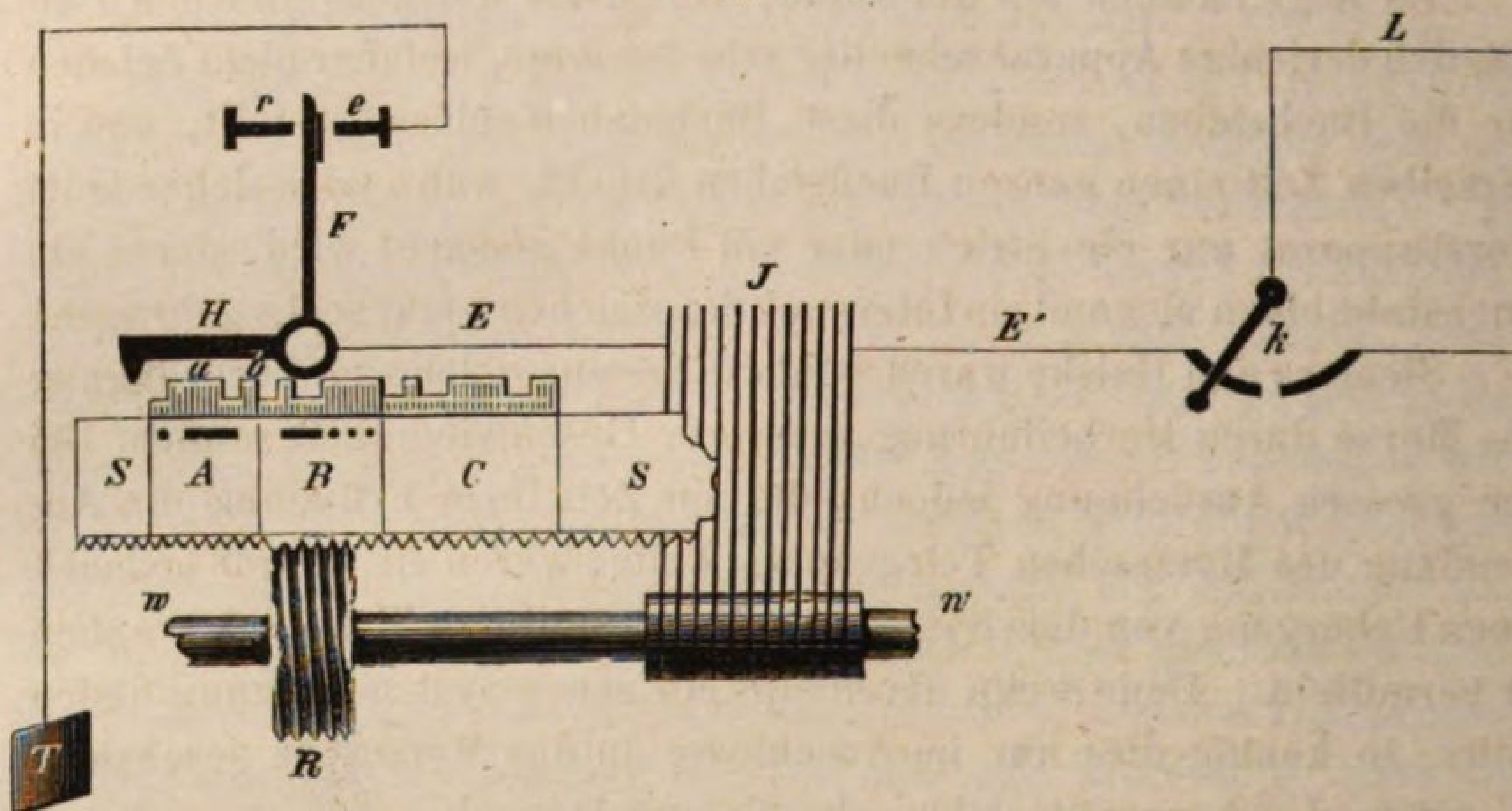
Statt des jetzt allgemein in Anwendung befindlichen Tasters zum Entsenden der Depeschen bringen Siemens und Halske ein System zur Geltung, welches im ersten Anfange Morse versucht, aber als unpraktisch verworfen hatte.[3]) Die Figur 262 stellt diese Einrichtung schematisch dar.

Auf einem Tische, unter dem sich ein Schwungrad mit einem Tritte wie an einer gewöhnlichen Drehbank befindet, ist der Magnetinductor in einer Messingkapsel befestigt. Derselbe ist in der Figur mit *J* bezeichnet, sein rotirender Anker ist auf der Welle *ww* befestigt und wird durch das Schwungrad beim Treten des Trittes mittelst eines Riemens ohne Ende in Rotation versetzt. Von diesem Magnetinduktor führen die beiden entgegengesetzten Ströme auf den Leitungen *E* und *E'* einerseits

[1]) Dieser Absch. § 3 No. 1. [2]) Absch. VI. § 7. [3]) Absch. VI. § 1 No. 2; Schaffner p. 404 u. f.

nach dem Winkelhebel $F H$ und andererseits bei der gezeichneten Stellung der Kurbel k nach der Linienleitung L.

Fig. 262.



Der Winkelhebel $F H$ besteht aus einer senkrecht in die Höhe stehenden Feder F und aus einem Haken H. Hebt nun ein unter diesem Haken fortgeführter Stab denselben so weit, dass die Feder F den mit der Leitung in Verbindung stehenden Contakt e berührt, so ist dadurch der Strom geschlossen. Derselbe geht einerseits über E, F, e zur Erde T und andererseits über E', k und L zur anderen Station. Findet bei der Bewegung des Schwungrades diese Verbindung statt, so entsendet der Magnetinduktor nach der anderen Station in regelmässigen Intervallen positive und negative Ströme, deren jeder einer halben Umdrehung des Ankers des Magnetinduktors entspricht. In Folge der Einrichtung des Farbschreibers wird durch diesen Stromwechsel der Schreibhebel desselben regelmässig gehoben und gesenkt, er muss also in diesem Falle eine Reihe gleich grosser und in gleichen Entfernungen von einander befindlicher Striche auf dem sich bei ihm vorbeibewegenden Papierstreifen aufzeichnen, welche je nach der Geschwindigkeit der Bewegung desselben kürzer oder länger ausfallen.

Ist nun der unter dem Haken H fortgeführte Stab an bestimmten Stellen ausgeschnitten, so muss ein solcher Ausschnitt, während er unter dem Haken fortgeht, denselben sinken lassen und so die Leitung bei e unterbrechen. Es kommt alsdann kein Strom zu Stande, und der Schreibhebel auf der empfangenden Station bleibt so lange in der Stellung, welche er durch den zuletzt ankommenden Strom erhalten hatte. War dies ein

positiver Strom, so macht der Farbschreiber einen ununterbrochenen Strich, bis der genannte Ausschnitt des sich fortbewegenden Stabes zu Ende ist, und der bei *e* wieder geschlossene Contakt einen negativen Strom entsendet. Durch diesen wird alsdann der Schreibhebel des Apparates der Gegenstation nach der anderen Seite hin von dem Papierstreifen entfernt. Es entsteht eine Unterbrechung des Striches bis zum nächsten wieder ankommenden positiven Strome. Findet aber schon, bevor der folgende positive Strom zur Wirkung kommen kann, wieder eine Unterbrechung statt, so bleibt der Schreibhebel in der früheren entgegengesetzten Lage, und es entsteht ein Strich.

Man wird einsehen, dass mittelst eines Stabes, der die an der gehörigen Stelle auftretenden Ausschnitte besitzt, auf der Gegenstation durch den Farbschreiber die Morseschrift hergestellt werden kann. Diesen Stab bildeten nun Siemens und Halske durch Typen aus Messingblech, welche in 2 Fuss lange Schienen aus Messing eingeklemmt werden, und deren jede einen Buchstaben des Morse'schen Alphabets, so wie die übrigen Zeichen darstellt. Die Fig. 263 zeigt in *SS* diese Messingschiene, in welcher hier die Buchstaben *A* • —, *B* — • • •, und *C* — • — • befestigt dargestellt sind.

Bewegt sich die Schiene *SS* durch die von der Drehbank getriebene Schraube ohne Ende *R*, welche auf der Welle *w* befestigt ist, mittelst der unten an der Schiene angebrachten Zähne nach links, so wird der Haken *H* zuerst durch den emporstehenden Kamm gehoben. Dieser hat eine solche Stellung, dass zuerst ein positiver Strom in der Richtung *E' k L* entsendet wird, darauf folgt ein negativer Strom und dann wieder ein positiver. Bis dahin hat also der Farbschreiber einen kurzen Strich (Punkt), dann eine Unterbrechung und wieder einen kurzen Strich verzeichnet. Da nun die Länge des Kammes *a* so eingerichtet ist, dass der Haken sich senkt, gleich nachdem der zweite positive Strom begonnen hatte, so behält der Schreibhebel die Lage, in der er einen Strich macht, so lange bis der kurze Kamm oder Zahn *b* den Haken wieder hebt und leitende Verbindung herstellt. Dieser Zahn hat dann die Stellung zur Umdrehung des Inductorankers, dass er einen negativen Strom entsendet. Dadurch wird der Schreibhebel vom Papier entfernt, also der entstandene Strich beendet. Es ist mithin durch diese Type das Zeichen • — auf der anderen Station gemacht. Der Zahn *b* ist nur so breit, dass dem durch ihn entsandten negativen Strome kein positiver folgen kann, es bleibt also der Schreibhebel so lange gesenkt, bis der folgende schmale Zahn den Haken wieder hebt. Dieser entsendet nun wieder einen positiven Strom, durch den der Schreibhebel ebenfalls ge-

hoben wird, und da auch er wiederum nur so breit ist, dass kein negativer Strom zu folgen vermag, so bewirkt er einen Strich, der bis zu Anfang des breiten Zahnes am Ende der Type *B* dauert. Durch diesen breiten Zahn muss der Strich beendet werden, es muss also zuerst ein negativer Strom durch ihn zur Wirkung kommen, worauf sich dann positive und negative Ströme folgen. Der Zahn hat die Breite, dass dies dreimal hinter einander geschieht, mithin schliesslich das Zeichen — • • • hergestellt ist. Eigentlich hat die Morseschrift, wie schon bemerkt, nicht das Ansehen von neben einander stehenden Punkten und Strichen, sondern es sehen z. B. die Buchstaben *A*, *B*, *C* auf dem Papierstreifen etwa so aus:

‒ —— —— ‒ ‒ ‒ —— ‒ —— ‒

A *B* *C*

Die Schrift besteht aus kurzen und langen Strichen.

Es ist, wie man sieht, von der grössten Wichtigkeit, dass die auf einander folgenden breiten und schmalen Zähne der Typen einerseits die gehörige Länge und andererseits eine solche Stellung innehalten, dass sie stets zur richtigen Zeit positive oder negative Ströme entsenden. Dies wird auf ganz zuverlässige Weise dadurch hergestellt, dass die unten an der Schiene befindlichen Zähne, in welche die Schraube ohne Ende *R* eingreift, so eingerichtet sind, dass mit der ganzen Umdrehung der Schraube sich auch der Inductoranker genau einmal gedreht, also einen positiven und einen negativen Strom entsendet hat. Dies kommt aber auf sehr einfache Weise dadurch zu Stande, dass der Inductoranker und die Schraube auf derselben Welle *w* befestigt sind. Es muss also die Schiene bei einer ganzen Umdrehung des Ankers genau um einen Zahn der Schraube *R* fortgeschoben sein.

Damit aber die Typen auch sicher an der richtigen Stelle stehen, hat die eine, stärkere Wand der Schiene, in die die Typen eingesetzt werden, immer in der Entfernung von der Breite eines ihrer unteren Zähne eine Rinne von oben nach unten, in welche ein kleiner zu Anfang jeder Type angebrachter Lappen eingreift, so dass eine jede derselben sicher in die gehörige Stellung zu den Zähnen kommt, in die die Schraube ohne Ende eingreift.

Bei dieser Einrichtung wird es nun möglich, die Schienen, in welche zuvor nach der gegebenen Depesche die Typen gesetzt sind, mit grosser Geschwindigkeit unter dem Haken *H* fortzuführen und also die Schrift nach der anderen Station zu entsenden. Nach den angestellten Versuchen konnte man mittelst dieses Telegraphen unter günstigen Um-

ständen wenigstens 8mal so schnell telegraphiren, als mit dem gewöhnlichen Morse.

Da jedoch das Setzen der Depesche eine Zeit erfordert, die nicht geringer ist, als diejenige, welche das bisherige Telegraphiren in Anspruch nimmt, so wird durch dieses Verfahren die Zahl der Beamten nicht verringert. Aber ein Beamter kann so viel telegraphiren, als 6 bis 7 Setzer zu setzen vermögen. Der Vortheil dieser Einrichtung ist also darin zu suchen, dass auf einer Drahtleitung etwa 8mal so viele Depeschen abgesandt werden können, als bisher mit dem Morse.

Da eine solche Einrichtung sich nicht zum Uebertragen eignet, so hat man Versuche angestellt, wie weit die Wirkung der verwendeten Inductionsströme beim Gebrauch des nach Art des polarisirten Relais eingerichteten Farbschreibers ohne Uebertragung reiche. Auf einer Verbindung von Berlin bis Hamburg und zurück, in die noch ausserdem 200 Meilen Widerstand eingeschaltet waren, konnte man auf dem neben dem Telegraphen aufgestellten Farbschreiber sehr bequem seine eigene Depesche lesen.

Nach den Erfahrungen jedoch, die man später in der Praxis gemacht hat, haben sich alle diese Vortheile nur theoretisch erwiesen, denn besonders ist es der Inductionsstrom, welcher hinderlich in den Weg tritt, da sich mit ihm auf weiteren Strecken nur bei günstigem Isolationszustande der Leitungen arbeiten lässt. Bei feuchtem Wetter wurde es schwierig, oft sogar unmöglich, deutliche Zeichen zu befördern. Aus diesem Grunde ist der Typenschnellschreiber nicht lange in Anwendung gewesen. Allein dieser Telegraph bildet den Uebergang zu den jetzt in Gebrauch befindlichen automatischen System, welches später besprochen wird.

VII. Abschnitt.

Die jetzige Telegraphie.

Fortsetzung.

§ 1.

Der Typendruck-Telegraph von Hughes.

1. Allgemeines. Alle Typendruck-Telegraphen unterscheiden sich in solche, welche ihre Typenscheibe sprungweise und in solche, welche dieselbe continuirlich bewegen. Unter Typenscheibe ist das Rad verstanden, welches an seinem äusseren Umfange die Typen trägt. Dieses Rad wird bei der erstgenannten Art durch eine Reihe von Schliessungen und Unterbrechungen des Stromes der Elektromagnete in Bewegung gesetzt, indem ein an dem Anker befindlicher Sperrkegel entweder in die Zähne eines Sperrades direkt eingreift, oder indem derselbe ein Uhrwerk auslös't und dann sogleich wieder anhält, wodurch in beiden Fällen die Typenscheibe jedesmal um einen Buchstaben fortgerückt wird. Bei der anderen Art, zu der der Telegraph von Hughes gehört, bewegt ein Uhrwerk die Typenscheibe continuirlich, und der galvanische Strom hat die Aufgabe die Scheibe anzuhalten, wenn der verlangte Buchstabe sich der Druckvorrichtung gegenüber befindet. Da endlich beide correspondirenden Stationen gleichzeitig denselben Buchstaben drucken müssen, so muss der Gang beider Apparate synchron sein.

Der Hughes'sche Telegraph unterscheidet sich nun noch von allen bisherigen Erfindungen dieser Art dadurch, dass seine Typenscheibe nicht nöthig hat, während des Druckes der einzelnen Buchstaben still zu stehen, oder auch nur ihren Gang zu verlangsamen, sondern dass bei ihm sich die Scheibe einfach auf dem Papier abwalzt.

Aus diesen Angaben erkennt nun zunächst der Leser, welches die wesentlichsten Theile sein müssen, aus denen der Telegraph besteht.

Es muss ein Gangwerk vorhanden sein, welches die Typenscheibe dreht und das Papier, auf das gedruckt wird, sowie den Druckapparat in Bewegung setzt. Da ferner, wie bereits erwähnt ist, der Strom dazu angewendet wird, die Drehung der Typenscheibe zu bewirken, so müssen Einrichtungen getroffen sein, dass der Elektromagnet in und wieder ausser Thätigkeit gesetzt werden kann. Hierzu dient eine Klaviatur und ein rotirender Läufer.

Der ganze Apparat wird von einem Tisch getragen, wie die Fig. 263 dies darstellt. Wir beginnen die Besprechung der genannten Theile mit

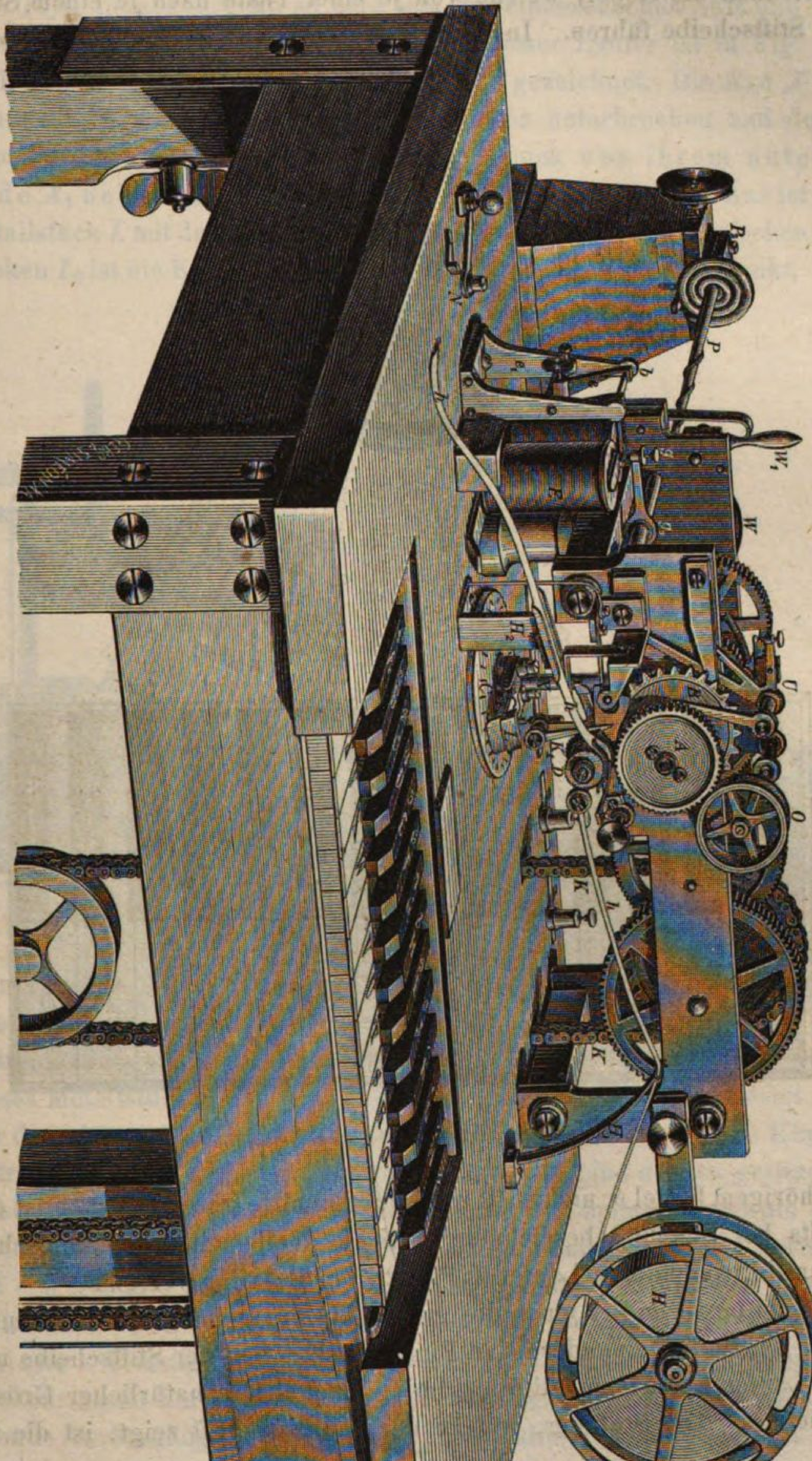
1. dem Gangwerk. Dasselbe wird durch ein Gewicht von etwa 50 Kilogramm in Bewegung gesetzt, welches mittelst einer Gliederkette *kk* und mehrerer Zahnräder und Triebe fünf Axen in immer schnelleren Lauf bringt, bis endlich die fünfte Welle, die Schwungradwelle, erreicht wird, in deren Verlängerung nach vorn die Druckwerkwelle liegt, die mittelst einer Einrückvorrichtung mit jener verkuppelt werden kann. Die noch vor dieser fünften liegende vierte Welle ist die der Typenscheibe *A*, welche durch eine konische Verzahnung ihre Bewegung auf die senkrechte Welle *x* mit dem Läufer *L* überträgt, der sich mit gleicher Winkelgeschwindigkeit wie die Typenscheibe über der horizontalen Scheibe *C* bewegt.

2. Die Klaviatur und der Läufer mit der Stiftscheibe. Der eben erwähnte Läufer ist das Mittel, wodurch die Tasten in den Gang des Apparates eingreifen. Die Klaviatur sehen wir in Fig. 263 vorn am Apparat. Sie wird durch 28 Tasten gebildet, die in zwei Reihen von je 14 geordnet sind. Die etwas höher hervorragenden, schmaleren, schwarzen Tasten tragen von links nach rechts die Buchstaben *A* bis *N*, während die weissen Tasten von rechts nach links die Buchstaben *O* bis *Z* zeigen; doch so, dass zwischen *V* und *W* eine Taste, so wie die erste weisse Taste links unbezeichnet sind. Ausserdem hat eine jede der 28 Tasten, welche einen Buchstaben trägt, auch eine Ziffer oder ein Interpunktionszeichen.

Mit diesen Tasten steht nun die Stiftscheibe und der Läufer in folgender Weise in Verbindung. Die Stiftscheibe *C* ist eine runde Metallscheibe auf dem Tische, welche nahe am äusseren Umfange in gleichen Abständen von einander 28 radiale rechteckige Löcher hat. In jedem dieser Löcher steht ein beweglicher Stift, welcher in folgender Weise mit je einer der 28 Tasten in Verbindung steht.

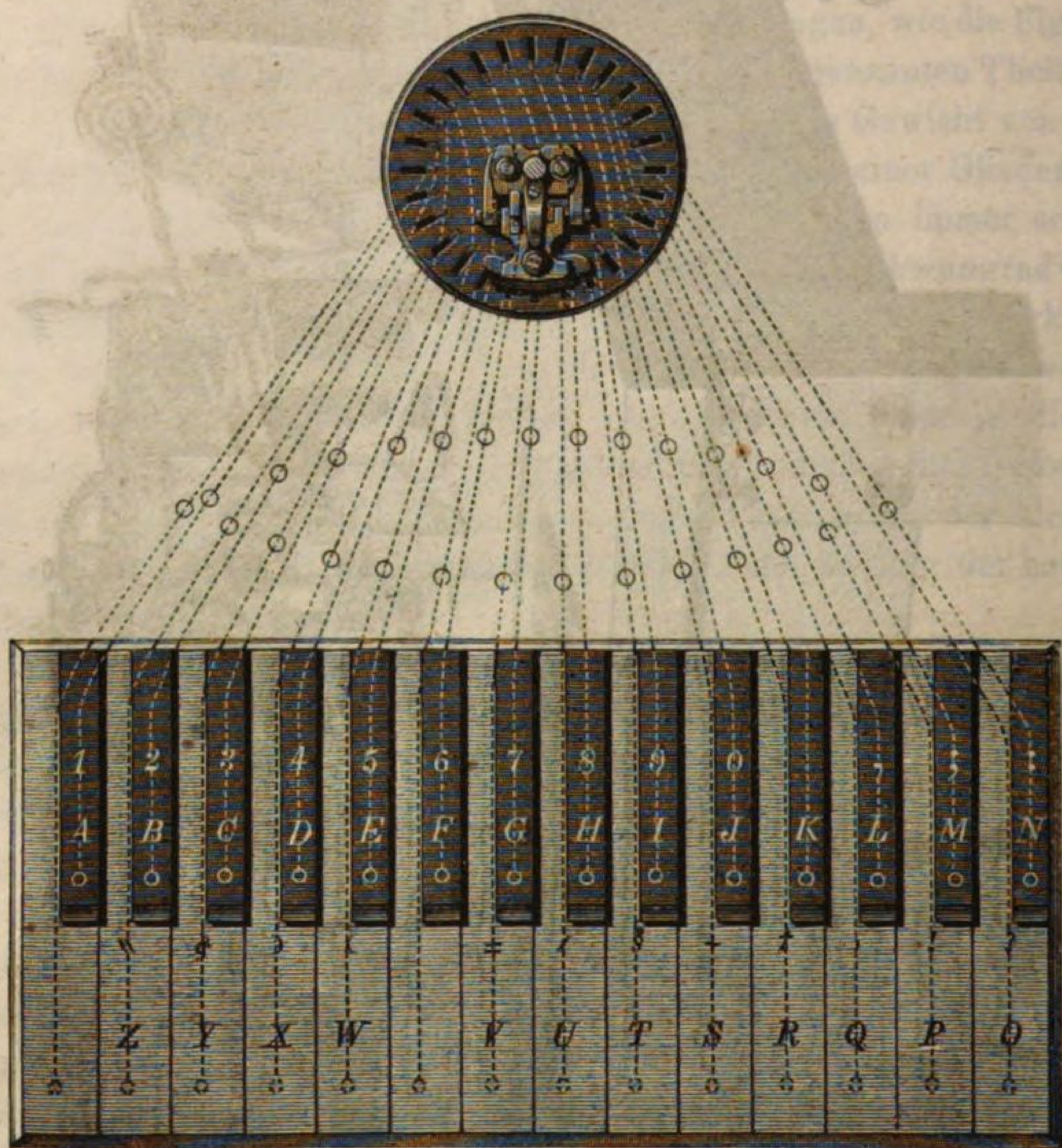
In der Ruhelage der Tasten stehen die Stifte nur ganz wenig aus den Löchern der Stiftscheibe hervor, so dass der über ihr rotirende Läufer ungehindert sich drehen kann. Diese Stellung der Ruhelage

Fig. 263.



wird in der Fig. 264 schematisch dargestellt. Die punktirten Linien bezeichnen die Hebel, welche von je einer Taste nach je einem Stifte der Stiftscheibe führen. In der Fig. 265 ist eine dieser Tasten nebst

Fig. 264.

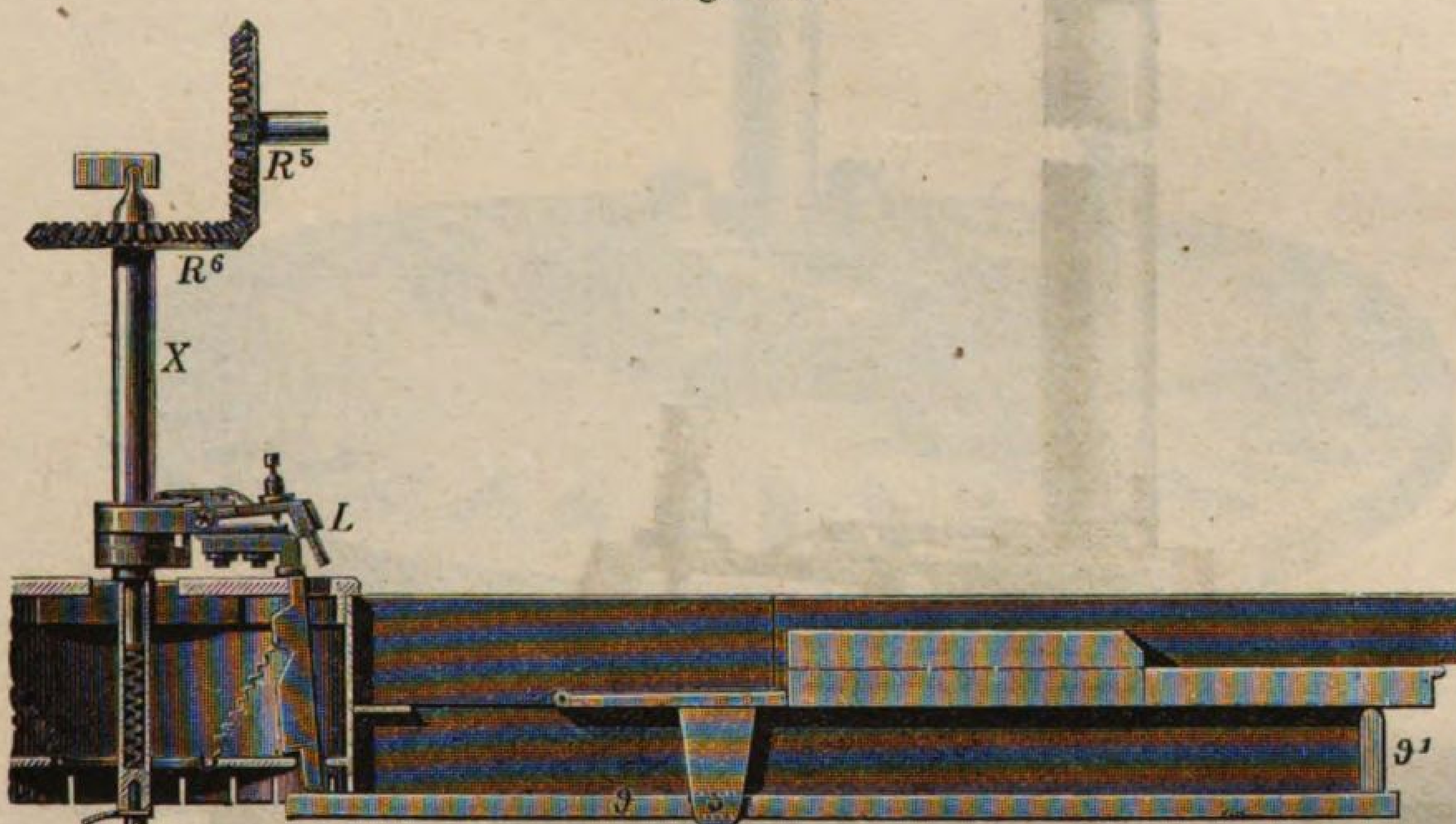


zugehörigem Hebel ϑ und Stifte q im Querschnitte gezeichnet. X ist die bereits bei Fig. 263 bezeichnete verticale Welle mit ihrem konischen Zahnrade, welche den Läufer L Fig. 263 in Rotation versetzt.

Zum besseren Erkennen des ganzen Zusammenhanges der Wirkung dieser Theile auf einander ist in Fig. 266 ein Theil der Stiftscheibe mit dem Läufer und einem Stifte qq im Querschnitt in natürlicher Grösse gezeichnet. Die Stellung, welche der punktirte Stift zeigt, ist die zu

einer bestimmten Zeit, wann die Taste herabgedrückt ist. Wird nämlich eine Taste herabgedrückt, so hebt sich der entsprechende Stift und tritt dem rotirenden Läufer L in den Weg. Dieser Läufer ist in Fig. 267 noch einmal ebenfalls in natürlicher Grösse gezeichnet. Die Axe X des Läufers ist am Befestigungspunkte desselben unterbrochen und durch eine Zwischenlage aus gehärtetem Kautschuck von ihrem unteren Ende X_1 nebst Zapfen isolirt. An der oberen Hälfte der Axe ist das Metallstück L mit den Backen L_0 Fig. 267 leitend befestigt. Zwischen den Backen L_0 ist die Klappe L_1 von oben nach unten drehbar eingelenkt. Der

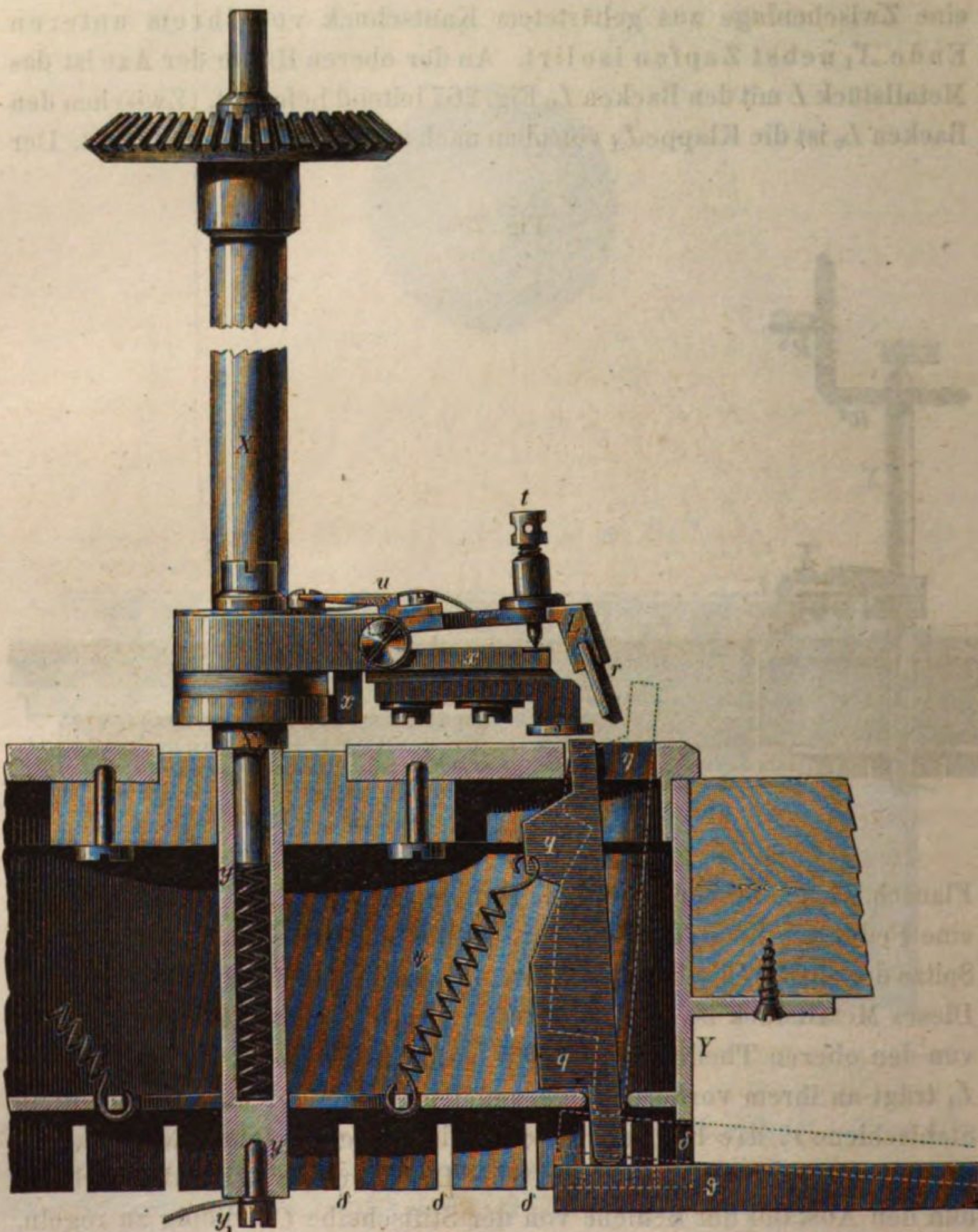
Fig. 265.



Flansch u Fig. 266 verhindert das zu hohe Erheben der Klappe, während eine Feder sie noch herabdrückt, so dass sie für gewöhnlich mit der Spitze der sie durchbohrenden Schraube t gegen das Metallstück xx lehnt. Dieses Metallstück ist an dem unteren Theile der Axe X_1 befestigt und von den oberen Theilen des Läufers vollkommen isolirt. — Die Klappe L_1 trägt an ihrem vorderen abgerundeten Rande eine ebenso gerundete Stahlschiene r, die Reiberschiene, deren horizontaler Rand am vorderen Ende nach oben gerundet ist. Die erwähnte Schraube t erlaubt nun den Abstand der Schiene von der Stiftscheibe C beliebig zu regeln. Schliesslich ist unter der Schiene x isolirt an derselben die Streichschiene s befestigt, deren Gestalt aus ss Fig. 267 zu erkennen ist. Sie steht hinter der Reiberschiene r. Aus Fig. 267 sieht man, dass die leitende Verbindung zwischen den beiden Hälften der Läuferaxe X und

X_1 nur durch die Schraubenspitze t mittelst des Metallstücks $x\,x$ vorhanden ist, so dass diese Verbindung ganz fehlt, wenn die Klappe L_1

Fig. 266.

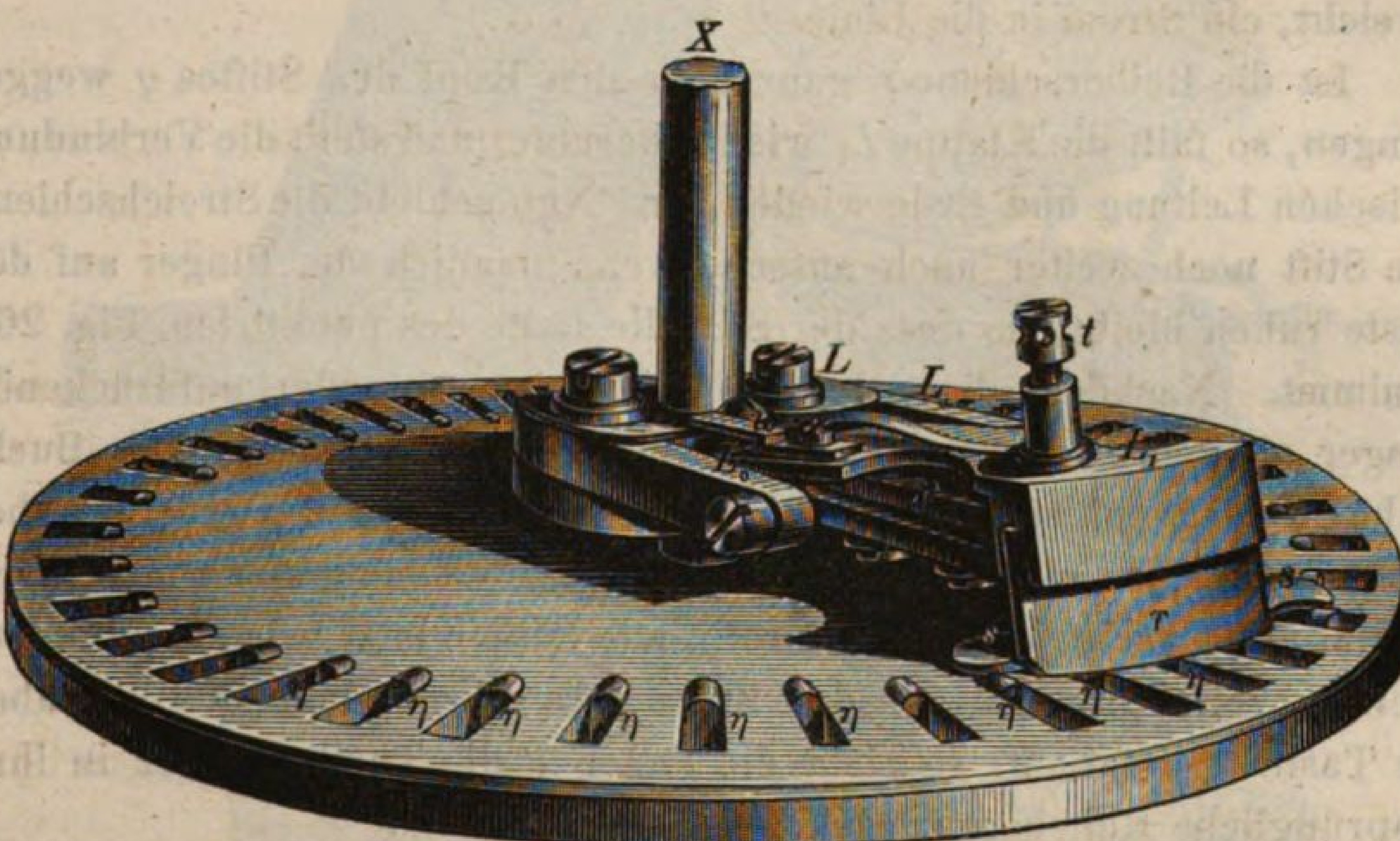


gehoben wird. Dies findet aber statt, wenn die Tasten niedergedrückt werden.

Von den zur Klaviatur gehörigen Theilen haben wir nun noch die Einrichtung derjenigen näher zu betrachten, welche sich unter der Stiftscheibe C befinden.

Die untere Hälfte der Läuferaxe X_1 endigt in einem starken Stahlzapfen Fig. 266, welcher in einer ebenfalls starken Messinghülse yy läuft, die durch Kammmasse von der Stiftscheibe C isolirt ist. Der nicht von

Fig. 267.



dem Zapfen ausgefüllte Theil der Messinghülse enthält eine starke Spiralfeder, welche die Läuferaxe fest gegen ihr Zapfenlager drückt und die leitende Verbindung zwischen diesem Zapfen und der Hülse yy vergrössert. Diese Messinghülse yy befindet sich in einer Metallbüchse Y, welche an der Tischplatte befestigt, von demselben Umfange wie die Stiftscheibe und etwa zwei Zoll hoch ist. Sie ist unten offen und trägt am unteren Rande herum 28 Einschnitte S in deren jeden einer der Hebel ϑ passt und hineinreicht, sobald die entsprechende Taste niedergedrückt wird. Die Taste hebt je einen der erwähnten Stifte qq deren Gestalt die Fig. 267 zeigt. Jeder derselben wird durch eine starke Spiralfeder φ nach unten und am oberen Ende nach der Mitte der Scheibe hingezogen, so dass diese Stifte dann fast gar nicht aus der Scheibe hervorragen.

Wird nun eine Taste niedergedrückt und dadurch am anderen Ende ein Hebel und mit ihm der entsprechende Stift gehoben, so kommt er in den Bereich der Streichschiene s Fig. 267, wird dann noch weiter nach

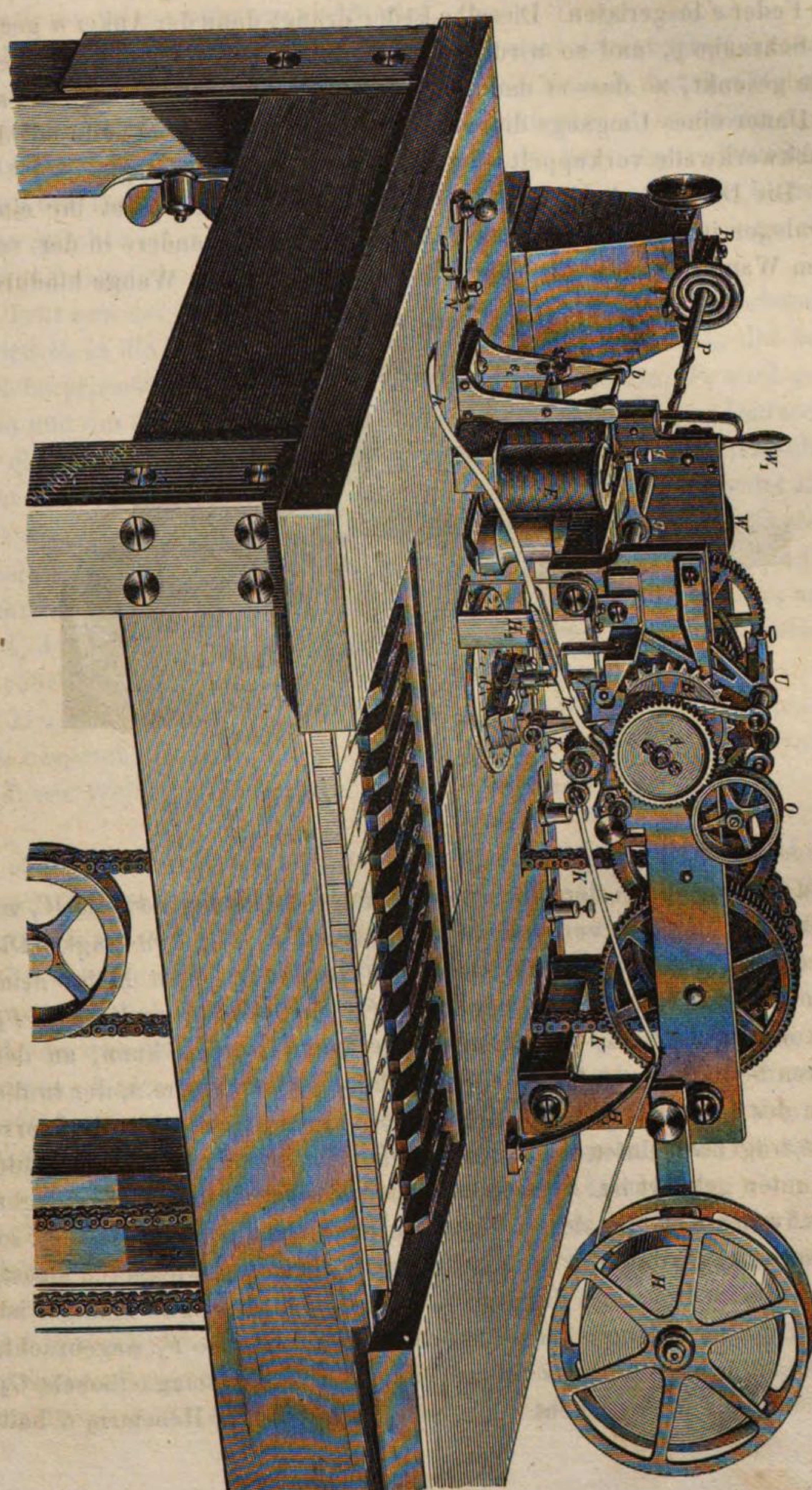
aussen gedrückt und gelangt so in Berührung mit der Reiberschiene r, die durch ihn etwas gehoben wird. Dadurch hebt sich die Klappe L_1 und die Berührung zwischen x und t wird aufgehoben. Nun stehen aber die Stifte q mit der Batterie in Verbindung. Der Strom geht also, während die Klappe über den Stiften hinstreift, nach der oberen Hälfte der Läuferaxe X und von da zum Elektromagneten, der mit der Leitung in Verbindung steht. Es tritt also, kurz bevor die der niedergedrückten Taste entsprechende Type der Typenscheibe die Stelle über der Druckwalze erreicht, ein Strom in die Linie.

Ist die Reiberschiene r ganz über den Kopf des Stiftes q weggegangen, so fällt die Klappe L_1 wieder herunter und stellt die Verbindung zwischen Leitung und Erde wieder her. Nun schiebt die Streichschiene den Stift noch weiter nach aussen, wenn nämlich der Finger auf der Taste ruhen bleibt, so dass der Stift die Lage des punktirten, Fig. 266 annimmt. Nachdem diese Lage erreicht ist, was der aufdrückende Finger an der nachlassenden Taste fühlt, ist der entsprechende Buchstabe abtelegraphirt, und die Taste kann losgelassen werden. Aber selbst wenn dies nicht geschieht, wird der Buchstabe doch nicht noch einmal abgedruckt, weil der fortrotirende Läufer jetzt, wie die punktirte Stellung zeigt, gar nicht mit dem Stifte in Berührung kommt. Wird aber die Taste losgelassen, so zieht die Feder Ψ die Theile wieder in ihre ursprüngliche Ruhelage zurück.

3. Der Elektromagnet und sein Anker. Die Einrichtung mittelst deren der die Linie durchlaufende Strom auf den Apparat des Hughes'schen Telegraphen wirkt, hat im Allgemeinen etwas von der Form eines Elektromagneten an sich, ist aber kein einfacher Elektromagnet, sondern ein mit elektromagnetischen Ansätzen an jedem Pole versehener Hufeisen-Stahlmagnet — ein permanenter Magnet mit variablen Ansätzen. Die Benutzung dieser Construktion besteht darin, dass der Stahlmagnet über die Eisenkerne der angesetzten Elektromagnete hinaus für gewöhnlich anziehend wirkt, während, wenn der Apparat thätig werden soll, der dann eintretende Strom diese Wirkung aufhebt und den in der Ruhe angezogenen Anker frei macht, so dass eine in diesem Sinne mitwirkende Feder ihn von den Polen zu entfernen vermag.

Dieser Stahlmagnet ist senkrecht mit den Polen nach oben in den Tisch eingelassen, so dass diese Pole sich gerade unter den in der Fig. 268 gezeichneten Elektromagneten E befinden. Der Anker a dieses Elektromagneten ist um die Axe b drehbar und wird, wenn der Magnetismus des Stahlmagneten durch den entgegenwirkenden Elektromag-

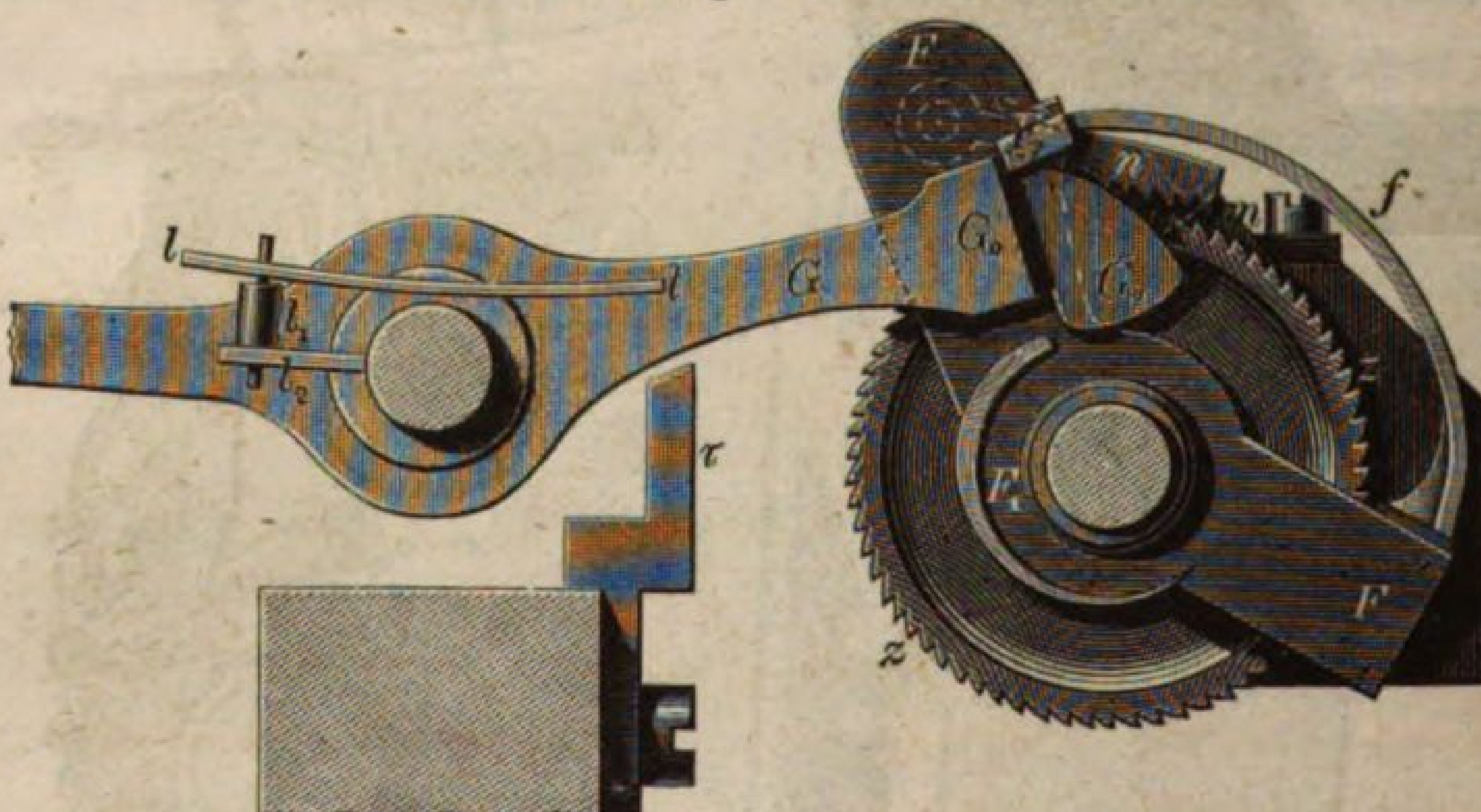
Fig. 268.



neten geschwächt wird, von der gegen die Stellschraube e_1 sich stützenden Feder e losgerissen. Dieselbe Feder drängt dann der Anker a gegen die Schraube g, und so wird der Hebel g' gehoben und auf der andern Seite gesenkt, so dass er dadurch das Klinkwerk aushebt, welches auf die Dauer eines Umgangs die vorn erwähnte Schwungradwelle mit der Druckwerkwelle verkuppelt, die in ihrer Verlängerung liegt.

Die Druckwerkwelle, auch Daumenwelle genannt, hat ihr eines Axenlager in dem Ansatzstück T Fig. 270 und das andere in der vorderen Wange des Gestells. Sie selbst reicht durch die Wange hindurch

Fig. 269.



bis zu der mit ihr in derselben Axe liegenden Schwungradwelle W, wo sie das mit ihr fest verbundene Querstück FF_1 Fig. 269 trägt. Die Schwungradwelle selbst hat jenseit des Querstücks dicht hinter demselben ein Sperrrad zz. Das Querstück FF_1 hat vorn einen Fortsatz F_2, der von dem Ende G_0 des Hebels G gefangen werden kann, an der hinteren Seite dagegen hat es einen drehbaren Sperrkamm n, der in die Zähne des Sperrrades zz passt, und dieser Sperrkamm, oder die Sperrklinke, trägt nach hinten einen prismatischen Fortsatz, der mit der Schneide nach unten gekehrt ist. Einen ähnlichen Fortsatz trägt das Axenlager der Schwungradwelle, dessen Schneide nach oben gekehrt ist, und so weit hervorragt, dass der erstere Fortsatz gegen diesen letzteren stösst, wenn er beim Umgange der Daumenwelle dahin gelangt. Endlich ist in dem mittleren Theile von F nach vorn eine Leiste F_1 angebracht, welche unter den Fortsatz des verlängerten Elektromagnethebels G_2 greift und diesen etwas hebt. Die Stütze τ unter dem Hebelarm G hält

diesen auf, damit er nicht zu weit herunter gehen kann, wenn er auf der anderen Seite emporgeschnellt wird.

Wenn im Ruhezustande die Daumenwelle nicht eingerückt ist, haben die Theile die Stellung wie in der Fig. 269. Die Nase F_2 hat den Hebel G gefasst, die Schraube G_1 befindet sich dicht über dem Anker des Elektromagneten. Der Fortsatz der Sperrklinke liegt gegen das feste Prisma und drängt die Nase F_2 gegen den Absatz G_0, so dass die Sperrklinke gehoben ist, und nicht in die Zähne des Sperrrades $z\,z$ eingreift, welches frei rotirt.

Tritt nun der Strom in die Leitung und der Anker wird abgerissen, so wird G_1 in die Höhe geschnellt und G_0 verlässt die Nase F_2, der bewegliche prismatische Fortsatz gleitet über den festen hin, F_2 wird gehoben und der Sperrkamm n greift in die Zähne des Rades $z\,z$. Dadurch sind die beiden Wellen mit einander verkuppelt und die Daumenwelle macht einen Umgang. Nachdem aber ein halber Umgang vollendet ist, gelangt die vorn zugeschärfte Leiste F_1 an den Hebel bei G_2, greift unter denselben und drängt ihn wieder in die Höhe, bis endlich der bereits beschriebene Vorgang stattfindet, die Nase F_2 gegen den Ansatz G_0 anstösst, der Sperrkamm n wieder gehoben wird und das Zahnrad wieder frei rotirt.

Die Daumenwelle hat ihren Namen von vier Theilen, die wir später noch besprechen werden, den sogenannten Daumen, welche sich vorn auf dieser Welle zwischen ihren beiden Axenlagern befinden.

4. Das Druckwerk und die Bewegung. Wir haben gesehen, dass die Typenscheibe in einem festen Lager durch Verzahnung mit der Triebwelle bewegt wird. Soll also nun gedruckt werden, so muss der Theil, welcher dieser festliegenden Scheibe genähert wird, in seinem Lager beweglich sein. Dies ist nun die Druckwalze D Fig. 270. Sie wird vom dem um S drehbaren Hebel D_1 an einem Dorne frei beweglich getragen, hinter dem sich noch ein zweiter Hebel n befindet, der zwei Sperrhaken hat, von denen einer in der Ruhelage auf der Unterlage c_1 aufruht. Das linke Ende des Hebels D_1 hat eine gabelförmige Gestalt, mit welcher Gabel er eine Welle, die Daumenwelle, umfasst.

In der Ruhelage der Daumenwelle haben nun die Theile die Lage welche die Fig. 270 darstellt. Der Druckwerkdaumen ist nach unten gekehrt, die Schnecke drückt mit ihrem höchsten Punkte gegen die Nase von k und hält diesen Hebel herunter, während der Sperrhaken k_1 in das Sperrrad der Druckwelle einfasst. Macht nun die Daumenwelle einen Umgang, so lässt zunächst die Schnecke der Daumenwelle den

Hebel *k* frei, dieser schnellt rasch in die Höhe, mit ihm auch der Sperrhaken k_1 und nun kann sich die Druckwalze nach oben bewegen. Hat die Welle fast die erste Hälfte ihres Umlaufs beendet, so fasst der Daumen den Hebel D_1, hebt ihn schnell bis zur Type und lässt ihn plötzlich wieder fallen. Nun drückt die Schnecke den Hebel *k* allmählig wieder nieder, mit ihm senkt sich auch der Sperrhaken k_1 und dreht dadurch das Sperrad der Druckwalze um einen Zahn, wodurch das Papier um eine Typenbreite weiter herausgerückt wird.

Die Daumenwelle bewegt sich 7 mal so schnell wie die Welle des Typenrades, wärend daher diese zwei Umgänge in der Sekunde macht, gebraucht jene nur $^1/_{14}$ Sekunde zu einem Umgange. Während jeden Umganges derselben gehen vier Typen der Scheibe an der Druckstelle vorüber, von denen die zweite oder dritte, je nach der Einstellung der Scheibe nur wirklich abgedruckt wird. Wie wir gesehen haben nimmt das Drucken einer Type nur einen kleinen Theil der Zeit in Anspruch die ein Umlauf der Daumenwelle erfordert. Derselbe beträgt etwa $^1/_{260}$ Sekunde.

5. Die Typenscheibe *A* ist an ihrem Rande in 56 Theile getheilt, so dass also je zwei einer der Tasten entsprechen. Jeder dieser Theile trägt eine Erhabenheit mit einem Buchstaben, einer Ziffer oder einem Interpunktionszeichen, nur die vier Stellen, welchen die beiden leeren Tasten — die weisse Taste und die Ziffertaste — entsprechen, sind nicht erhaben, so dass, wenn die Scheibe eingestellt wird, das Papier an dieser Stelle nicht bedruckt wird.

Von der Stelle vor *A* an trägt somit die Scheibe an ihrem Umfange auf den Erhöhungen von links nach rechts nach einander

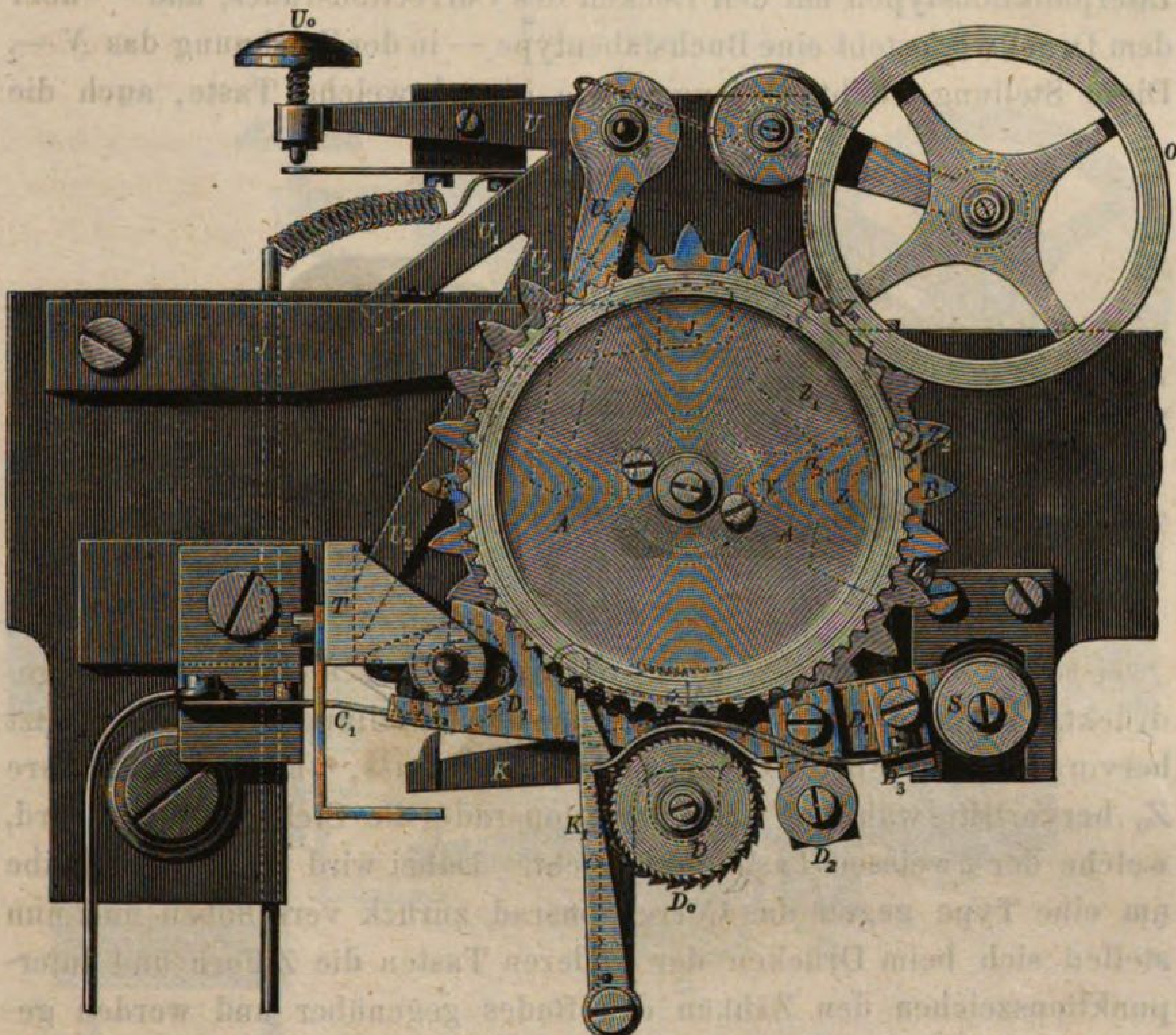
1 A 2 B 3 C 4 D 5 B 6 F 7 G 8 H 9 I 0 J . K
, L ; M : N ? O ! P ' Q + R § T / U = V
eine Lücke *(W) X & Y „ Z* andere Lücke

Wir wissen, dass immer je ein Buchstabe mit einer Ziffer oder einem Interpunktionszeichen sich auf einer Taste der Klaviatur befinden, Es kommt nun darauf an, das eine oder das andere dieser Zeichen nach Belieben verwenden zu können. Zu diesem Zwecke bedarf es einer ziemlich verwickelten Vorrichtung, deren meisten Theile, wie wir sogleich sehen werden, auch noch zu anderen Verrichtungen dienen.

Auf der Axe der Typenscheibe befindet sich hinter dieser, und mit ihr auf einer gemeinsamen Messinghülse verbunden, so dass beide gegen einander etwas verschiebbar sind, das sogenannte Correctionsrad *B*.

Dasselbe ist in Fig. 263 deutlich zu sehen, und wird in Fig. 270 mit allem Zubehör noch deutlicher. An der Rückseite dieses Correctionsrades befindet sich eine verschiebbare Metallplatte Z, deren Gestalt die punktirten Linien zeigen. Sie hat bei $Z_0 Z_0$ zwei Vorsprünge und ist bei Z_2 um eine Schraube mit Reibung an dem Rade selbst ein wenig dreh-

Fig. 270.

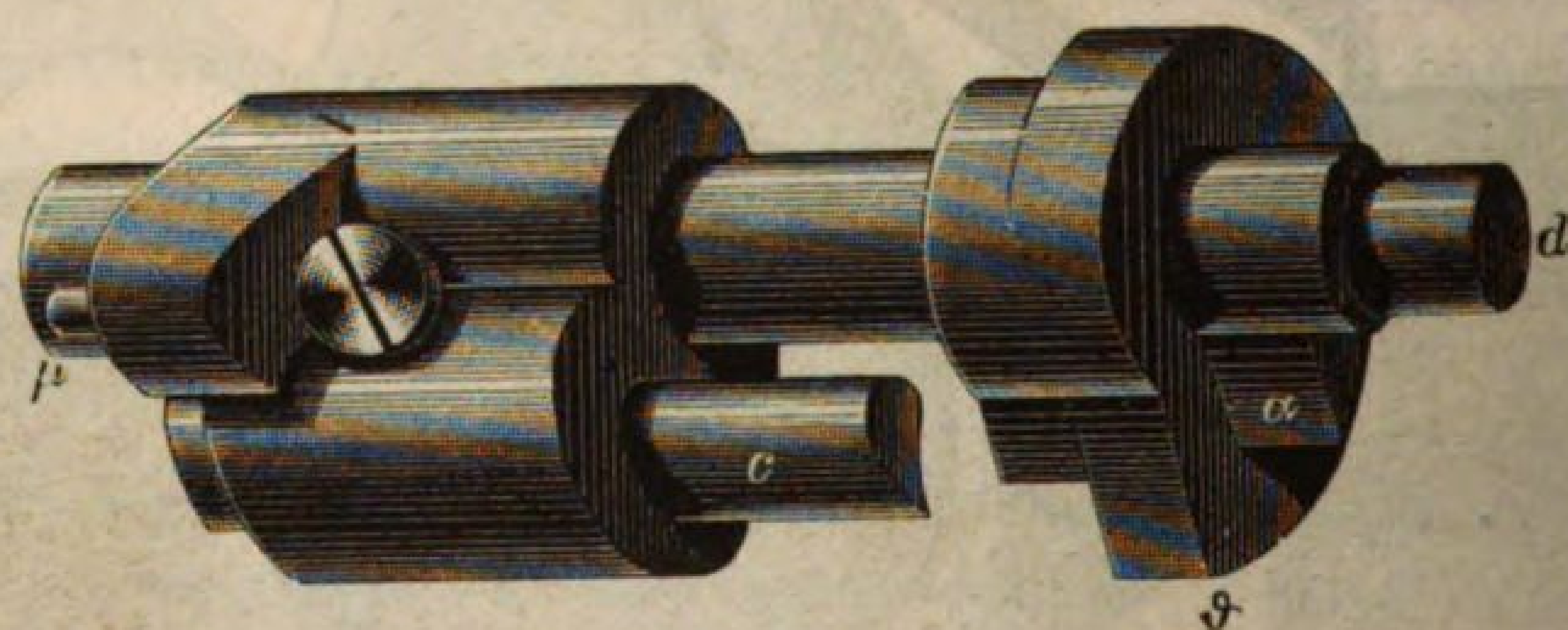


bar, während sie den Zapfen a_1 mit der Oeffnung bei Z fest umfasst. Bei z_1 hat sie zwei Zähne, in die eine Feder mit Sperrkegel eingreift, so dass die Platte Z in den einen oder anderen Zahn eingestellt werden kann. In jeder dieser Stellungen bedeckt einer der Fortsätze Z_0 der Platte Z ein Zahnintervall der Scheibe, welches im Bereich des Correctionsdaumens sich befindet, wenn eine der beiden Lücken der Typenscheibe der aufschnellenden Druckwalze gegenüberstehen.

Unter Correctionsdaumen c ist aber ein Daumen verstanden, welcher sich an der bereits erwähnten Daumenwelle befindet, deren

Gestalt die Fig. 271 darstellt. In der Fig. 270 ist dieser Correctionsdaumen in c bei α zu sehen. Sie stellt den Zustand dar, in welchem derjenige Fortsatz Z_0 das Zahnintervall füllt, welches der Ziffertaste entspricht, d. h. dasjenige Intervall, welches dem Correctionsdaumen gegenübersteht, während die entsprechende Lücke des Typenkranzes über dem Druckwerk sich befindet. Es correspondiren dann, wie Fig. 272 zeigt, die Buchstabentypen mit den Zähnen, die Ziffer- und Interpunktionstypen mit den Lücken des Correctionsrades, und — über dem Druckwerk steht eine Buchstabentype — in der Zeichnung das N —. Diese Stellung bleibt so lange, wie irgend welche Taste, auch die

Fig. 271.

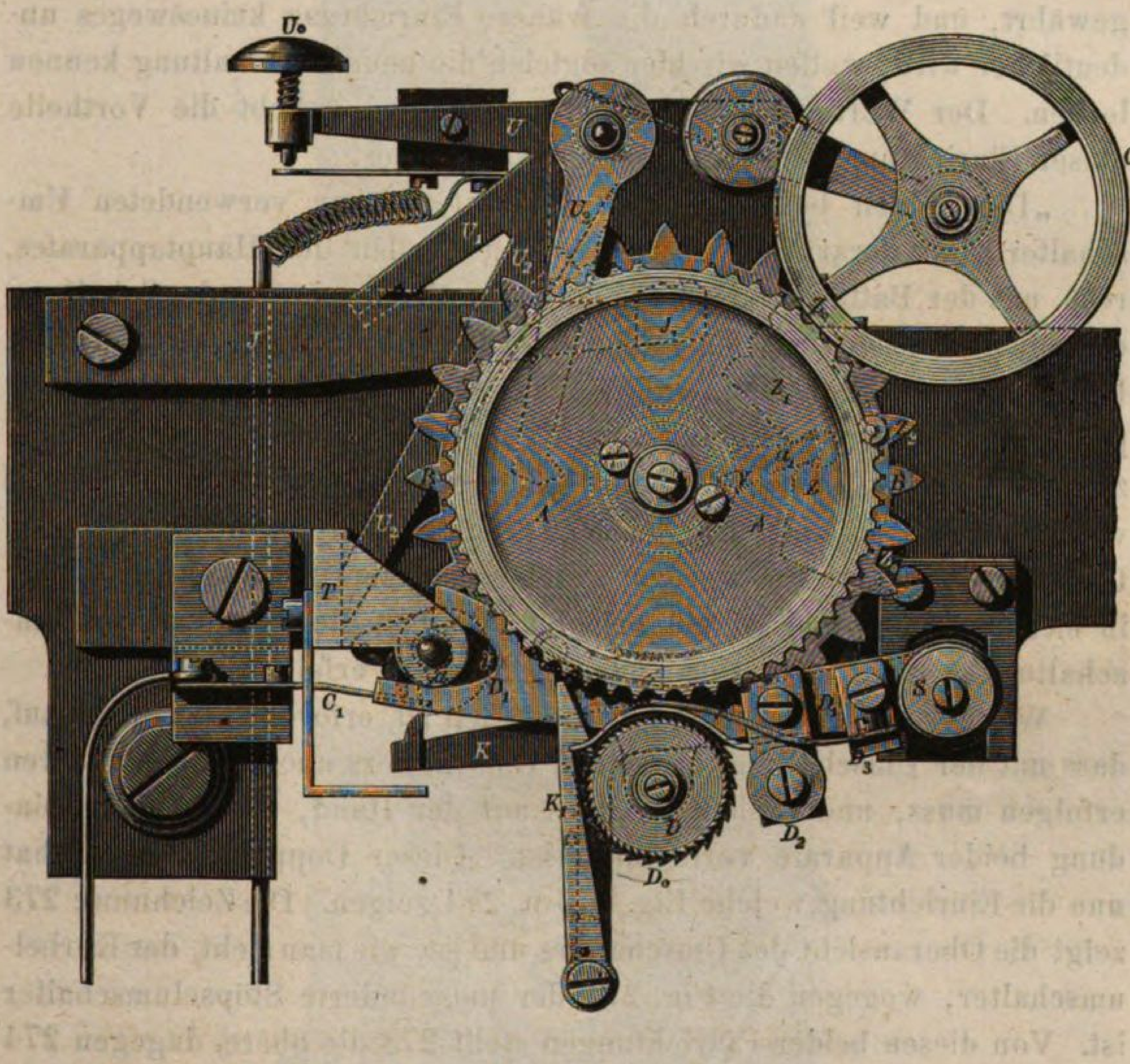


„weisse Taste“ gedrückt wird. Wird nun aber die „Ziffertaste“ gedrückt, so kommt der Daumen in eine solche Stellung, dass er den jetzt hervorstehenden Fortsatz Z_0 zurückdrücken muss, und nun der andere Z_0 hervortritt während am Correctionsrade die Stelle bedeckt wird, welche der „weissen Taste“ entspricht. Dabei wird die Typenscheibe um eine Type gegen das Correctionsrad zurück verschoben und nun stellen sich beim Drücken der anderen Tasten die Ziffern und Interpunktionszeichen den Zähnen des Rades gegenüber und werden gedruckt, bis wieder die gedrückte „weisse Taste“ die Stellung in entgegengesetzter Weise abändert.

6. Die Arretirung. Wir haben vorn gesehen, dass das Ende des Hebels des Elektromagneten die Einrückung und Verkupplung der Druckradwelle mit der Schwungradwelle bewirkte. Dasselbe geschieht durch das in ihrer Verlängerung liegende Klinkwerk, welches auf die Dauer eines Umgangs jene beiden Wellen mit einander verbindet. Beim Arretiren des Apparats dient nun als Hauptinstrument ein 4armiger Hebel, wie ihn die Fig. 272 zeigt. Die einzelnen Arme sind mit U, U_1, U_2, U_3 bezeichnet, und ihre Lage und Gestalt aus der Figur zu ersehen. Sie befinden sich hier in der Ruhelage. Wird nun der Knopf

U_0 gedrückt, so dreht sich der Arm U_1 nach rechts und bewegt eine Feder vorn an der Wange des Gestells mehr nach aussen, bis sie zu einem Stift reicht, und so eine Sperrklinke aushebt, welche das Mitnehmen des Corrections- und Typenrades durch das dahinter befindliche Sperrrad bewirkte. Gleichzeitig greift, wie aus der Figur deutlich zu ersehen ist, der Arm U_3 mit seinem Ende in die Falle γ und hält so die

Fig. 272.



beiden genannten Räder auf, während die Welle weiter rotirt. So bleibt die Typenscheibe still stehen, bis die „weisse Taste" gedrückt wird. Dann kommt ein Strom in die Leitung, der Hebel G Fig. 269 wirkt auf die Daumenwelle, diese schiebt das Papier vor, fasst darauf mit ihrem vierten Daumen μ Fig. 271 das Ende des Armes U_2 und führt alle vier Arme des Hebels U in ihre Ruhelage zurück, und die Typenscheibe, durch das Sperrrad wieder mitgenommen, rotirt wieder.

7. Der Stromlauf im Apparat. Nach der Fig. 263 befand sich auf dem Tische des Apparates noch ein Stöpselumschalter und ein Kurbelumschalter, sowie Klemmschrauben zur Befestigung der Leitungsdrähte. Von diesen beiden Umschaltern diente der erstere zum Umschalten des Stromes in den Windungen des Elektromagneten, wogegen die Kurbel nur den Polwechsel besorgte. Diese Einrichtung ist nach neueren Bestimmungen der Generaltelegraphen-Direktion in Berlin für sämmtliche zu diesem Bereich gehörige Direktionen in vortheilhafter Weise abgeändert, und eben wegen des Vortheils, den diese Umänderung gewährt, und weil dadurch die frühere Einrichtung keinesweges undeutlicher wird, wollen wir hier sogleich die neue Umschaltung kennen lernen. Der Wortlaut der genannten Verordnung hebt die Vortheile dieser Einrichtung hervor, derselbe ist folgender.

„Die beiden beim Hughes-Apparate bisher verwendeten Umschalter sind derartig mit den übrigen Theilen des Hauptapparates, resp. mit der Batterie verbunden, dass eine Aenderung in der Schaltung des einen Umschalters stets eine anderweite Schaltung des anderen Umschalters bedingt. Zur Vereinfachung der hiermit verbundenen Manipulationen und zur Verhütung von Störungen, welche durch nicht gleichzeitig bewirktes Umschalten der beiden Hülfsapparate herbeigeführt werden können, sind die neuesten Hughes-Apparate mit einem Umschalter ausgestattet worden, welcher die bisherigen zwei Umschalter in sich vereinigt und so eingerichtet ist, dass die erforderlichen Umschaltungen unter allen Umständen gleichzeitig erfolgen müssen.“

Wie aus dieser Verordnung zu ersehen ist, erfordert der Stromlauf, dass mit der Umschaltung des einen Umschalters auch die des anderen erfolgen muss, und deshalb liegt es auf der Hand, dass eine Verbindung beider Apparate vortheilhaft ist. Dieser Doppelumschalter hat nun die Einrichtung welche Fig. 273 u. 274 zeigen. Die Zeichnung 273 zeigt die Oberansicht des Umschalters und ist, wie man sieht, der Kurbelumschalter, wogegen die Fig. 274 der umgeänderte Stöpselumschalter ist. Von diesen beiden Einrichtungen stellt 273 die obere, dagegen 274 die untere Ansicht eines und desselben Apparates dar, welche vollständig von einander isolirt sind. Die Klemmen c, $c_{,}$ $c_{,,}$ und $c_{,,,}$ passen aber, wenn wir uns b umgewendet und gegen a gelegt denken, an die Stelle von d, $d_{,}$ $d_{,,}$ und $d_{,,,}$. Alle 8 Klemmen sind, wie wir später sehen werden, in geeigneter Weise mit den Telegraphen verbunden. Vor Allem ist hervorzuheben, dass die Klemme $c_{,,,}$ den Kupferpol der Säule $c_{,}$ hingegen den Zinkpol aufnimmt, welches durch die Buchstaben K und Z bezeichnet ist. Die beiden halbkreisförmigen Bügel s und $s_{,}$ streifen

gegen die vier Federn m, $m_{,}$, $m_{,,}$, $m_{,,,}$ an der Unterseite Fig. 274 des Umschalters. Beide Bügel sind, wie die Zeichnung zeigt, ausser leiten-

Fig. 273.

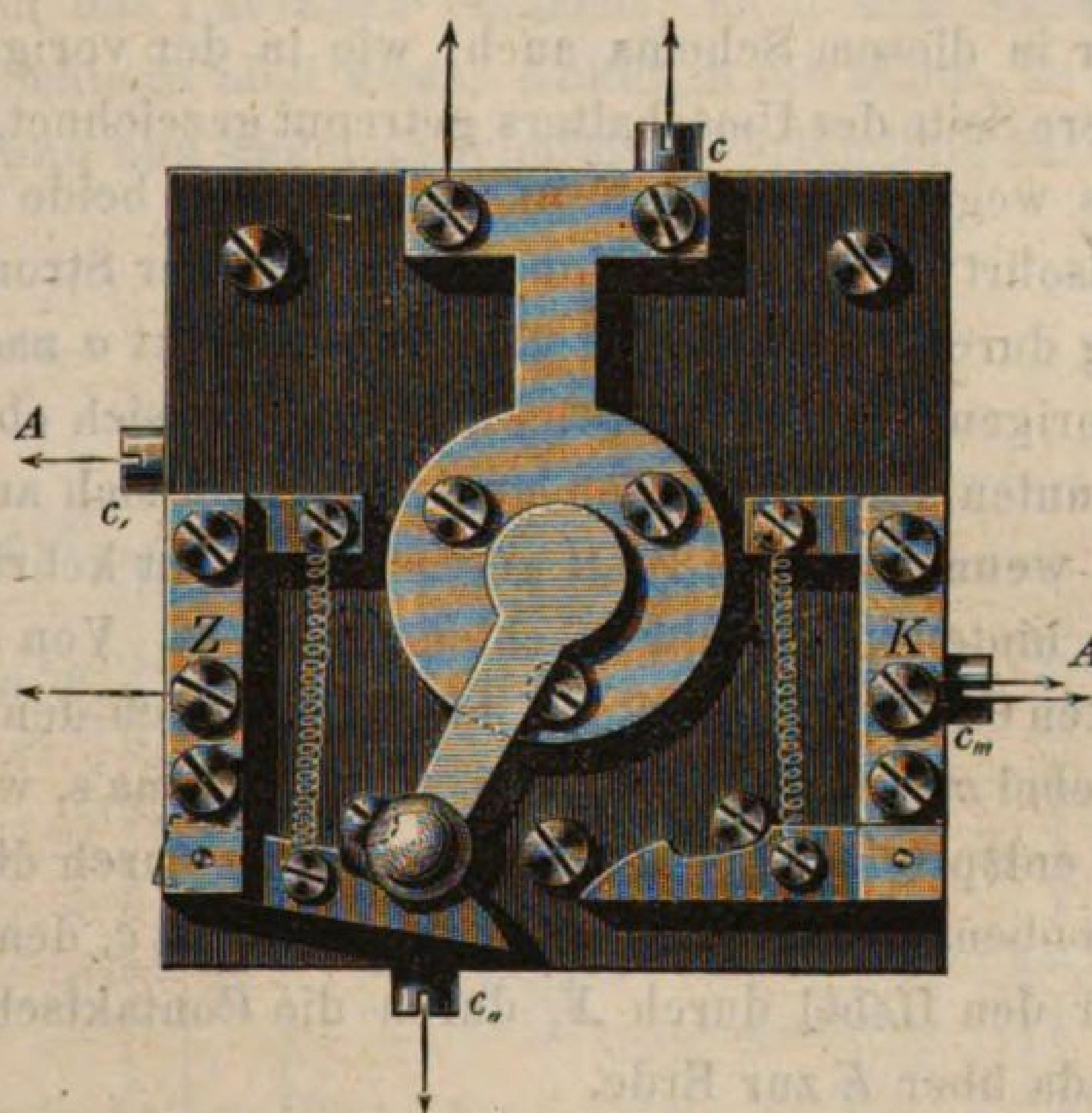
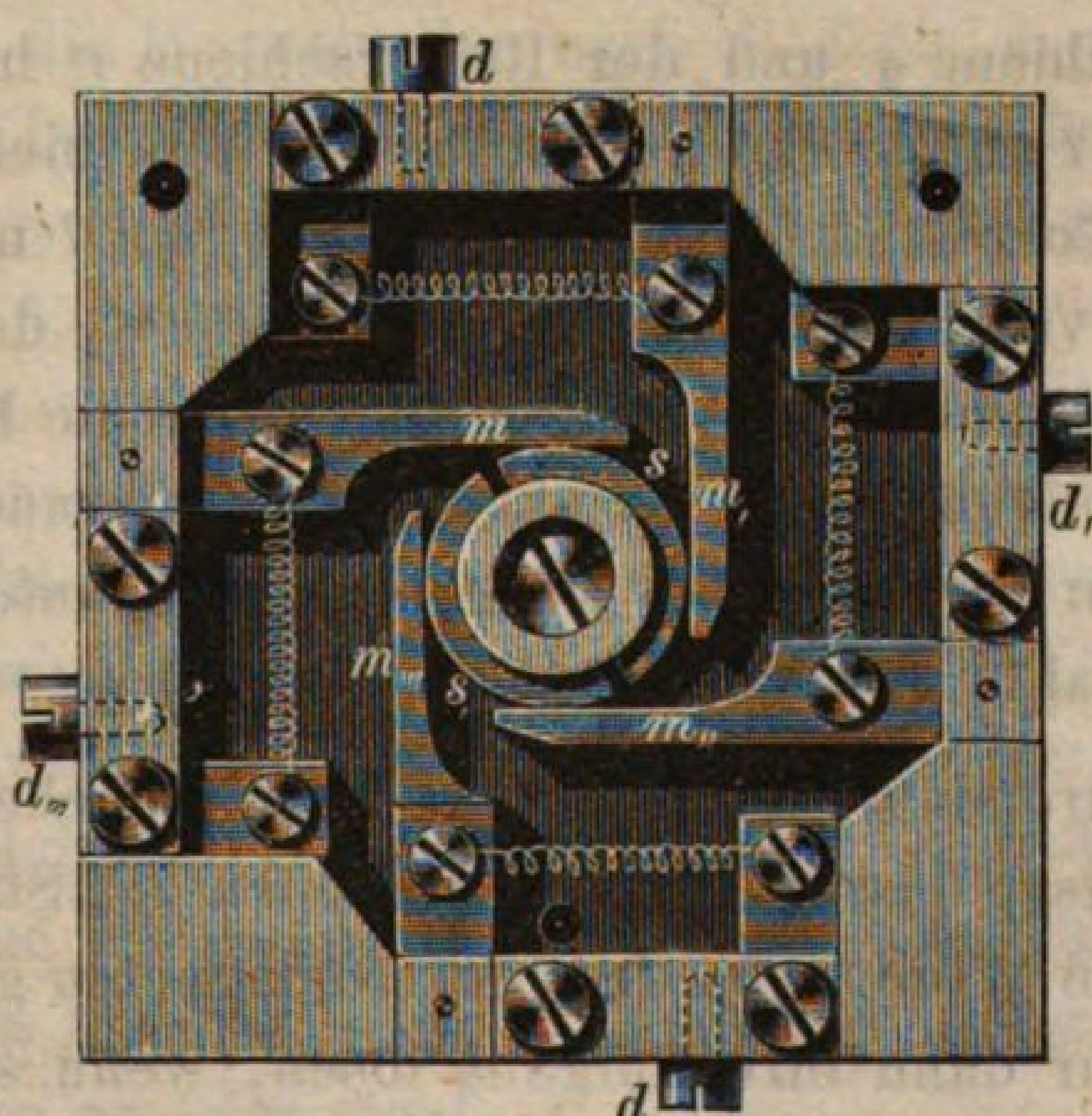


Fig. 274.



der Verbindung, so dass in der gezeichneten Stellung die beiden Hebel $m_{,,}$ und $m_{,,,}$ durch den Bügel $s_{,}$ und m und $m_{,}$ durch s mit einander lei-

tend verbunden sind. Eine Drehung des Commutators um einen nicht sehr grossen Winkel nach rechts würde dann m mit $m_{,,,}$ und $m_{,}$ mit $m_{,,}$ verbinden.

Die Fig. 275 stellt nun den Stromlauf durch den Apparat dar. Der auf der Linie kommende Strom geht somit nach der Klemme L. Wir sehen hier in diesem Schema auch, wie in der vorigen Figur, die obere und untere Seite des Umschalters getrennt gezeichnet, des besseren Verständnisses wegen, haben wir uns aber immer beide vereinigt und von einander isolirt zu denken. Von L geht nun der Strom zufolge der Kurbelstellung durch diese Kurbel über den Contakt a nach e, welches dem $d_{,,,}$ der vorigen Fig. 274 entspricht, wobei man sich eben immer die Fig. 274 nach unten gekehrt denken muss, was man sich am besten vergegenwärtigt, wenn man das Blatt gegen das Licht kehrt und nun die Zeichnung von hinten vom Licht beschienen ansieht. Von da muss nach der gezeichneten Commutatorstellung der Strom durch den Hebel m, den Bügel s den Hebel $m_{,}$ nach dem anderen e des Schema's, welches dem d der Zeichnung entspricht. Von da geht der Strom durch die Windungen von unten nach oben, dann nach d und $d_{,}$ dem Contakt $c_{,}$ dem Correctionsdaumen c über den Hebel durch X, durch die Contaktschraube t nach $x X_1$ und von da über E zur Erde.

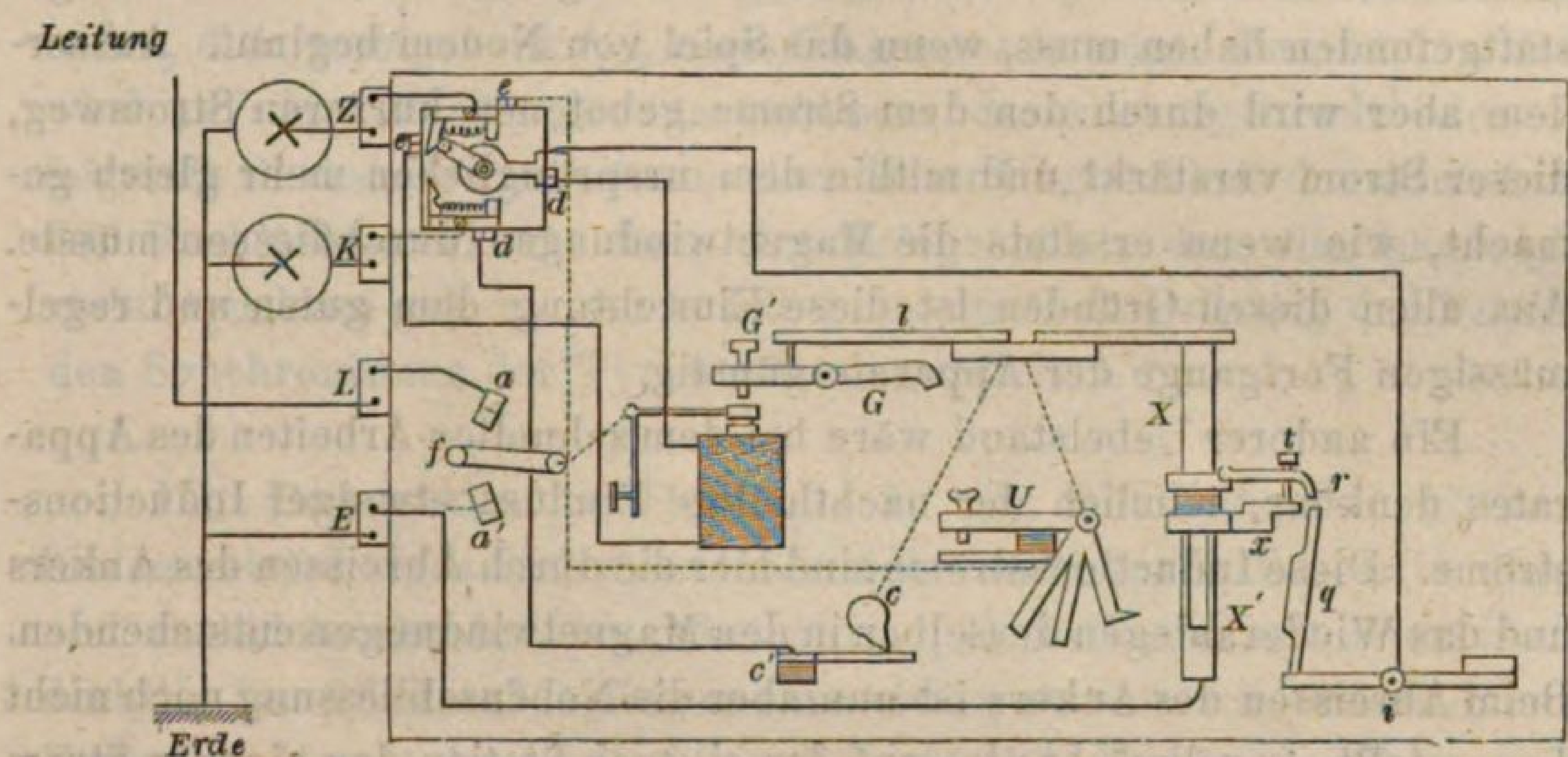
Der abgehende Strom geht dagegen von dem Zinkpole Z nach der Kurbel, welche nicht mit e in Verbindung steht, von da nach dem Drehpunkt der Taste, welche eben gedrückt wird und nun Contakt zwischen der gehobenen Schiene q und der Reiberschiene r herstellt und den Contakt zwischen t und x dadurch aufhebt. Von hier geht der Strom weiter nach dem Correctionsdaumen c, über $c_{,}$, d, d nach den Magnetwindungen die er von oben nach unten durchfliesst, dann nach e und e des unteren Theiles des Umschalters, von da in die Kurbel oben und durch L in die Linienleitung. Leicht wird es hiernach den Stromlauf herzustellen, wenn man sich die Kurbel mit dem unteren Theile nach dem anderen Contakte gewendet denkt.

Bei diesem Stromlaufe ist besonders hervorzuheben, dass derselbe so geführt sein muss, dass auf beiden Stationen der Strom in derselben Richtung durch die Windungen des Elektromagneten geht, weil die Ansätze derselben nur dann ihre Aufgabe lösen, wenn sie dem Einflusse des Stahlmagneten entgegen wirken und dies doch nur in einer Richtung geschehen kann. Es wird dies, wie man sich leicht überzeugt, eben durch Drehung der Kurbel erreicht. Nur in Folge dieser Einstellung geht der Strom in beiden Apparaten in derselben Richtung

durch die elektromagnetischen Spiralen, nämlich über X nach dem Umschalter.

Der Lauf des Stromes, den wir soeben beschrieben haben, findet, wie leicht einzusehen ist, aber nur so lange statt, bis der Elektromagnet anfängt zu wirken. Bis dahin berührt nämlich die Schraube G an dem Hebel, der in das Laufwerk eingreift, nicht den Anker des Elektromagneten. Schnellt aber dieser Anker in die Höhe, so berührt ihn die Schraube G, und nun findet auch leitende Verbindung auf einem kürzeren

Fig. 275.



Wege als durch die Magnetrollen nach X, L etc. zur Erde statt. Durch die Rotation der Daumenwelle, welche durch den Hebel g bewirkt wird, kommt der Correctionsdaumen e ausser Berührung mit der Feder c_1, und nun macht der Strom allein den Weg von g' über X und L. Erst wenn die Daumenwelle einen Umlauf vollendet hat, ist der Daumen wieder in Berührung mit c_1, und der erste Stromweg wieder hergestellt. Etwas später tritt derselbe Vorgang auf der empfangenden Station ein.

Zuweilen wird für den Telegraphisten ein Wecker eingeschaltet. Es wird dabei zwischen Klemme L und E noch eine besondere Klemme angebracht, welche mit der Kurbel des am Apparate befindlichen Ausschalters verbunden ist. Der Wecker wird zwischen der neuen Klemme und der Klemme L eingeschaltet. Je nach Stellung der Kurbel spricht dann der Wecker an oder nicht.

8. Günstige Einrichtung für den Stromlauf. Diese Einrichtung, in Folge der der Strom gleich nach dem Losreissen des Ankers

nicht mehr den Elektromagneten durchfliesst, ist für den sichern Gang der Apparate von der höchsten Wichtigkeit. Durch dieselbe wird nämlich der Elektromagnet fast vollständig unabhängig von der Stärke des Stromes, die oft sehr verschieden ist, je nachdem derselbe bei guter oder schlechter Leitung in Thätigkeit ist. Der Strom hört nämlich auf den Kern zu magnetisiren, wenn der Anker den Magneten losgelassen hat. Wäre dies nicht der Fall, dauerte der Strom noch nach dem Losreissen in dem Magneten fort, so würde die Kraft des Magneten mehr geschwächt werden, als zum Gange des Apparates nöthig wäre, und zweifellos würde alsdann auch längere Zeit zur Wiederherstellung dieser Kraft erforderlich sein, welche in dem vorliegenden Falle schon längst stattgefunden haben muss, wenn das Spiel von Neuem beginnt. Ausserdem aber wird durch den dem Strome gebotenen kürzeren Stromweg, dieser Strom verstärkt und mithin dem ursprünglichen mehr gleich gemacht, wie wenn er stets die Magnetwindungen durchfliessen müsste. Aus allen diesen Gründen ist diese Einrichtung dem guten und regelmässigen Fortgange der Apparate günstig.

Ein anderer Uebelstand wäre bei dem schnellen Arbeiten des Apparates denkbar, nämlich der nachtheilige Einfluss etwaiger Inductionsströme. Diese Inductionsströme sind hier die durch Abreissen des Ankers und das Wiederanlegen desselben in den Magnetwindungen entstehenden. Beim Abreissen des Ankers ist nun aber die Nebenschliessung noch nicht hergestellt, er schwächt also auf der eigenen Station den eigenen Strom und stellt somit den Magneten in seinen früheren Zustand um so eher her, dagegen macht er auf der Linie auch nur den Strom geringer. Anders verhält es sich mit dem Inductionsstrom beim Schliessen des Magneten. In diesem Falle wäre grössere Gefahr vorhanden, wenn nicht der Correctionsdaumen *c* die Feder c_1 schon eher verliesse als die Schliessung des Ankers stattfindet. Es kann also ein solcher Strom in diesem Falle gar nicht zu Stande kommen.

9. Regulirung und Bedienung der Apparate. Bevor zwei Apparate mit einander correspondiren, müssen die Federspannungen der Anker der Länge der Leitung und der Stromstärke angepasst und der Synchronismus beider Apparate hergestellt werden.

Zu diesem Zweck lässt man in bestimmten Pausen die andere Station Tasten anschlagen und spannt die Feder des Ankers so lange stärker oder schwächer, bis der Apparat stets befriedigend wirkt. Behufs Erzielung des Synchronismus wird zunächst der Hebel *U* niedergedrückt und dadurch die Typenscheibe ausgerückt und festgestellt. Schlägt

dann eine der Stationen die „weisse Taste" an, so werden dadurch beide Hebel *U* wieder in ihre Ruhelage geführt, beide Typenscheiben wieder eingerückt und stehen dann in Uebereinstimmung, gehen aber wieder auseinander. Drückt man unmittelbar darnach z. B. die Taste *G* an, so wird auch dieser Buchstabe auf der anderen Station richtig angegeben werden, weil die entfernte Typenscheibe noch nicht eine um vieles abweichende Stellung hat. Alsdann corrigirt der Correctionsdaumen wieder die Stellung, und bringt beide Scheiben mit einander in Uebereinstimmung. Wird aber dann wieder dieselbe Taste gedrückt, so wird auf der anderen Station nur dann der richtige Buchstabe abgedruckt, wenn der Gangunterschied beider Scheiben weniger als einen halben Zahn des Correctionsrades, d. h. weniger als $^1/_{56}$ eines Umganges beträgt. Im anderen Falle wird auf der anderen Station entweder der vorhergehende oder der folgende Buchstabe erscheinen. Aus dieser Ungleichheit der erscheinenden Buchstaben erkennt dann der Telegraphist, dass die Laufwerke nicht synchron gehen, und er hat dann durch Regulirung des Pendels den Synchronismus der Typenräder herzustellen.

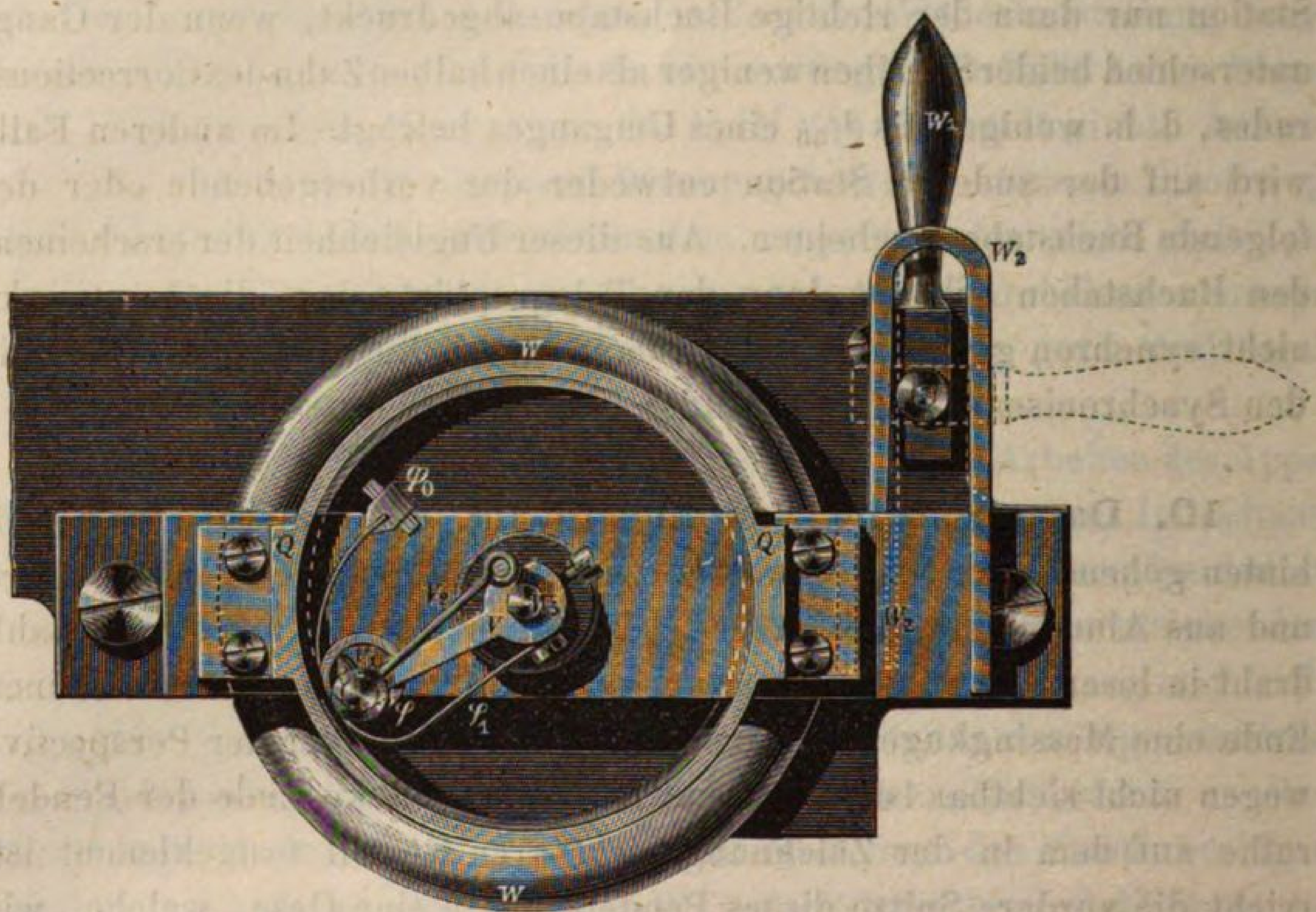
10. Das conische Pendel. In Fig. 263 bemerken wir nach hinten gehend einen Stab *P*, welcher sich von hinten nach vorn verjüngt, und aus Aluminiumbronze gefertigt ist. Derselbe ist mit einem Stahldraht in losen Schraubengängen umwunden, an dem am vordern dünnen Ende eine Messingkugel als Linse befestigt ist, die hier der Perspective wegen nicht sichtbar ist. Während das hintere dicke Ende der Pendelruthe auf dem in der Zeichnung sichtbaren Gestell festgeklemmt ist, reicht die vordere Spitze dieses Pendels bis in eine Oese, welche, wie die Fig. 276 zeigt, mittelst eines Gelenkarmes an der Schwungradaxe befestigt ist. Bei der Rotation dieser Axe, wird die Spitze des Pendels durch die Oese mit herumgenommen, so dass das Pendel conische Schwingungen macht. Durch diese Schwingungen wird die Kugel des Pendels in Folge der Centrifugalkraft nach aussen geschleudert und dadurch der am Gelenkarm der Oese angebrachte Bremsklotz um so heftiger gegen den Bremsring *Q* angedrückt, je schneller das Schwungrad rotirt. Hierdurch wird die Geschwindigkeit des Rades gemindert und gleichmässig gemacht. Ein Zurückschieben der Kugel erhöht die Geschwindigkeit, während ein Vorschieben sie vermindern muss.

Noch ist hervorzuheben, dass der bis dahin gerade Stab des conischen Pendels in neuester Zeit noch eine Umänderung erfahren hat. Um nämlich das conische Schwingen des Pendels zu erleichtern, hat man den Stab an der Stelle T_2, wo er von seinem Befestigungspunkte

abgeht, spiralförmig in etwa sechs Windungen um sich selbst gewunden, und dann denselben wieder nach der Mitte zurückgebogen. Die Windungen liegen in einer senkrechten Ebene und erleichtern das Schwingen des Pendels, welches im Uebrigen ganz dasselbe geblieben ist. Diese in einer Ebene gewundene Spirale ist in der Fig. 263 deutlich zu sehen.

Behufs der Regulirung verschiebt also der Beamte so lange die Kugel, bis stets derselbe Buchstabe auf dem Papier erscheint. Schliess-

Fig. 276.



lich wird mittelst des Hebels U und Anschlagen der „weissen Taste" Uebereinstimmung der Typenscheiben herbeigeführt. Dass beim Verlaufe des Telegraphirens die Apparate nicht mehr übereinstimmen, erkennt man sofort daran, dass Buchstaben erscheinen, welche keinen Sinn geben.

12. Geschwindigkeit des Apparates. Ein wichtiger Vorzug dieses Telegraphen besteht darin, dass trotz der erheblichen Geschwindigkeit, mit der sich die Typenscheibe bewegt, dieselbe doch nicht einen ganzen Umgang zum Abdrucken eines Buchstaben bedarf. Die Menge der Buchstaben, welche erst die Druckstelle passirt haben müssen, bevor ein neuer Buchstabe gedruckt werden kann, wird bedingt durch das Verhältniss der Geschwindigkeit der Typenscheibe zu der der Daumen-

welle. Durch dieses Verhältniss wird bedingt, dass erst vier Typen vorüber gegangen sein müssen, ehe die Daumenwelle einen Umgang gemacht hat. Bevor aber dies geschehen ist, kann ein neuer Strom nicht wirksam sein, kann also auch das Drücken einer neuen Taste keinen Erfolg haben. Ist andererseits ein Umgang vollendet, so darf auch der frühere Strom nicht mehr vorhanden sein. Die Dauer des Stromes hängt aber von der Länge der Schiene *r* ab. Von Hughes ist diese so gewählt, dass sie der Länge von drei Stiftintervallen entspricht, d. h. der Strom dauert $^3/_{28}$ eines Umlaufs der Typenwelle. Man hat also je nach Umständen die Geschwindigkeit der Laufwerke so zu wählen, dass die Stromdauer auch zur Ingangsetzung des fernen Apparates ausreicht. Aber auch ein gewisser Grad von nicht zu geringer Geschwindigkeit ist erforderlich, weil sonst die verschiedenen Apparatentheile nicht prompt und sicher zu wirken vermögen. So ist das Minimum der Geschwindigkeit 40 Umdrehungen in der Minute, wogegen 150 als das Maximum bezeichnet werden muss. Als gewöhnliche Geschwindigkeit wendet man 100—120 Umgänge der Typenwelle in der Minute an, und diese reicht für Linien zwischen 50—70 Meilen aus. Bei 80 bis 90 Meilen wählt man eine Geschwindigkeit von 90—100 Umgänge.

Schlechte Isolirung einer Linie ist bei Anwendung dieses Apparates nicht eben nachtheilig, da durch Nachhelfen in der Regulirung leicht vorgebeugt werden kann. Auch lassen sich bei zu langer oder schlechter Leitung Relais und Uebertrager anwenden.

Nach Beobachtungen von Brix ist die mittlere Geschwindigkeit des Hughes'schen Telegraphen auf 270 Typen oder 45 Worte in der Minute festzustellen. Natürlich wechselt dieselbe sehr nach dem Grade der Uebung, die der telegraphirende Beamte besitzt.

Rechnet man eine Depesche zu 30 Worten, so sind mit dem Hughes'schen Telegraphen oft 40 Depeschen in der Stunde befördert, zuweilen aber sind auch 20 bis 30 Depeschen in wenigen Minuten befördert worden, so dass man im Allgemeinen $^3/_4$ bis 1 Minute auf eine Depesche rechnet. Die sonst wegfallende Zeit wird zur Collationirung und Correctur verbraucht.

Hieraus folgt, dass dieser Telegraph erheblich schneller als der Morse arbeitet, der höchstens 25 Depeschen in der Stunde zu befördern im Stande ist.

Der Hughes'sche Telegraph wird jetzt in unserem Telegraphenbereich in erheblicher Anzahl, nämlich 102 Exemplaren, verwendet, und die Geschwindigkeit stellt sich in noch höherem Maasse heraus, als die Beamten mit seinen Eigenschaften vertrauter werden.

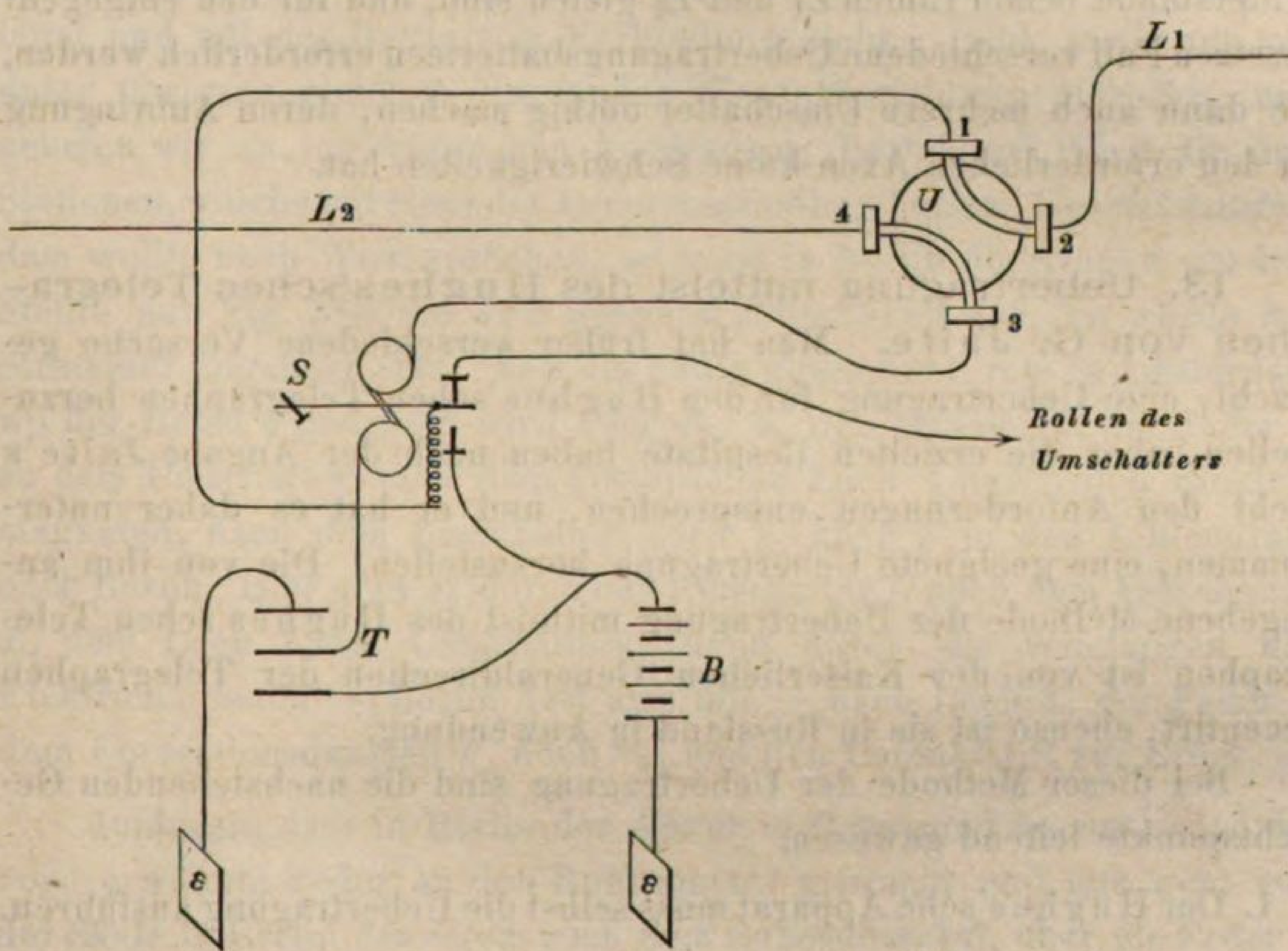
Wenngleich nun alle die bisherigen Angaben zu Gunsten dieses Telegraphen sprechen, so muss doch jeder mit physikalischen Apparaten Vertraute das vorn erwähnte Bedenken der Beamten, dass dieser Apparat den Morse'schen verdrängen werde, theilen. Auch wenn man diesen Apparat nicht in Gang gesehen hat, sondern ihn nur aus der Beschreibung kennt, schreckt man zurück vor der Complicirtheit desselben, besonders wenn man bedenkt, dass einzelne Theile neben der Forderung, dass sie so äusserst exact wirken sollen, zu gleicher Zeit die Aufgabe haben, dabei mit erheblichem Kraftaufwande ihre Verrichtungen auszuführen. Der ganze Apparat ist so beschaffen, dass er bei der immensen Geschwindigkeit, mit der er sich bewegen muss, in einzelnen feinen Theilen leicht Beschädigungen oder Abnutzungen erleidet, die sofort einen fehlerhaften Gang und in Folge dessen grössere Fehler und Schäden erzeugen müssen. Es kommt noch hinzu, dass man bei seiner jetzigen Einrichtung in einem Saale, in dem vielleicht ein Dutzend solcher Apparate in Thätigkeit sich befindet, den Boden unter seinen Füssen so heftig erschüttert fühlt, dass ein heftiges Angegriffenwerden der Nerven nicht ausbleiben kann. Die Tische der Apparate wackeln bei ihrer jetzigen Construction so heftig, dass sie dadurch die Beamten sehr belästigen. Obschon nun zwar manchen Uebelständen abgeholfen werden kann, so ist es doch sehr schwierig, die ausreichende Solidität aller Theile zu erreichen, und den Apparat zu einem dauerhaft brauchbaren herzustellen.

12. Automatischer Umschalter für die Uebertragung von G. Jaite. Zur Uebertragung waren bisher stets zwei Apparate erforderlich, erst durch Jaite ist mittelst seines automatischen Umschalters die Uebertragung durch einen Apparat auf einfache Weise ermöglicht worden. Prinzip dieser Art der Umschaltung wird am einfachsten in folgender Weise klar.

Die Fig. 277 stellt schematisch die Anordnung des Apparates dar. Wir denken uns zunächst die Umschaltung auf einen Morseapparat angewendet, der hier mit *S* bezeichnet ist. An der einen Axe *U* eines Gangwerks sind zwei isolirte Federn befestigt, welche je nach der Stellung der Axe auf den Contaktstücken 1, 2, 3, 4 schleifen. Dieses Gangwerk wird durch einen Hebel ausgelöst, der in ähnlicher Weise wie beim Hughes-Apparate durch einen aufschnellenden Anker gesenkt wird. Der automatische Umschalter bedarf mithin eines besonderen Elektromagneten. Die Wirkungsweise besteht nun in Folgendem.

Ein auf L_2 ankommender Strom geht über das Contaktstück 4, die Feder und das Contaktstück 3 zum Apparat S und den Schlüssel T in die Erde. Dadurch senkt sich der Schreibhebel von S und ein Strom aus der Uebertragungsbatterie B geht über denselben, den Körper des Apparates, die Contaktstücke 1 und 2 in die Leitung L_1. So ist also der auf L_2 ankommende Strom nach der Linie L_1 hin übertragen. Ein Blick auf die Figur zeigt, dass dies nicht in gleicher Weise mit einem über L_1 kommenden Strome geschehen kann, denn während jener über 4 und 3 nach den Rollen des Schreibhebels geht und so diesen bewegt,

Fig. 277.



geht der von L_1 über 2 und 1 direkt nach dem Körper des Apparates, kann also diesen nicht bewegen.

Deshalb ist nun von dem oberen Hebelcontakt die Leitung nach dem bereits erwähnten Elektromagneten geführt, welcher eben den Umschalter selbstthätig umstellt, indem er das Gangwerk desselben durch einen Hebel auslöst, so dass nun der Umschalter U sich um einen Quadranten dreht und so mittelst seiner beiden Federn die Contakte 1 und 4, sowie 2 und 3 mit einander verbindet. Ein nun auf L_1 ankommender zweiter Strom geht also dann über 2 und 3 wieder nach den Elektro-

magneten von S, und über T zur Erde, bewegt wiederum dessen Schreibhebel und führt so den Strom der Uebergangsbatterie B über diesen Hebel und seine Abreissfeder nach den Contakten 1 und 4 in die Leitung L_2 wie derselbe früher den umgekehrten Lauf nahm.

Es wird also nunmehr von L_1 nach L_2 übertragen. Soll nun wiederum von L_2 nach L_1 übertragen werden, so bewirkt der von L_2 hergelangte Strom abermals eine weitere Drehung des Umschalters um einen Quadranten, so dass wieder 1 mit 2 und 3 mit 4 verbunden ist.

Bedenken wir bei dem jetzt besprochenen Fall, dass für beide Linien L_1 und L_2 dieselbe Uebertragungsbatterie B zur Verwendung kam, so wird einleuchten, dass dies nur dann möglich ist, wenn die Widerstände beider Linien L_1 und L_2 gleich sind, und für den entgegengesetzen Fall verschiedene Uebertragungsbatterieen erforderlich werden, die dann auch mehrere Umschalter nöthig machen, deren Anbringung an den erforderlichen Axen keine Schwierigkeiten hat.

13. Uebertragung mittelst des Hughes'schen Telegraphen von G. Jaite. Man hat früher verschiedene Versuche gemacht, eine Uebertragung für den Hughes'schen Telegraphen herzustellen, aber die erzielten Resultate haben nach der Angabe Jaite's nicht den Anforderungen entsprochen, und er hat es daher unternommen, eine geeignete Uebertragung herzustellen. Die von ihm angegebene Methode der Uebertragung mittelst des Hughes'schen Telegraphen ist von der Kaiserlichen Generaldirection der Telegraphen acceptirt, ebenso ist sie in Russland in Anwendung.

Bei dieser Methode der Uebertragung sind die nachstehenden Gesichtspunkte leitend gewesen.

1. Der Hughes'sche Apparat muss selbst die Uebertragung ausführen.
2. Es wird nur ein Apparat für die Uebertragung benutzt.

Es ist einleuchtend, dass eine zuverlässige Correspondenz bei dem Hughes'schen Telegraphen von dem pünktlichen gleichzeitigen Ineinandergreifen der Druckvorrichtungen auf beiden mit einander correspondirenden Stationen abhängig ist. Dieser Synchronismus wird aber durch die rechtzeitige und pünktliche Auslösung der Sperrwerke bedingt, welche ihrerseits wiederum von dem pünktlichen Aufschnellen des Ankers abhängig ist. Es giebt also der Anker den ersten Antrieb zum präcisen Gange des Apparates, er ist für sich von den durch seinen Gang erzeugten anderen Bewegungen, besonders von den durch das Gangwerk erzeugten unabhängig und nur durch den zu übertragen-

den Strom bewegt. Diese Erwägungen führten zu der Wahl des Ankers als Uebertragungsmittel.

Wir finden deshalb bei der Methode Jaite's auf dem Anker des Telegraphen, isolirt von demselben und von dem Apparate abgekehrt, eine stählerne Feder angebracht, welche beim Aufschnellen des Ankers niedergehend den Batterie-Contakt berührt. So ist diese Feder mit der zweiten Leitung, auf die übertragen werden soll verbunden, es muss also die Uebertragung gleichzeitig mit der Auslösung der Sperrwerke erfolgen.

Die Fig. 278 stellt diese Einrichtung dar. *d* ist die mit dem Ankerhebel verbundene Feder, *g* die Contaktsäule, welche den Strom weiter leitet und mit der Batterie in Verbindung steht. Denken wir uns nun unter übrigens gleichen Umständen diese Einrichtung getroffen, und nehmen wir an, es wären nun Amsterdam, Berlin und Wien die drei Stationen, welche mit einander zu correspondiren hätten. Gesetzt Amsterdam wollte nach Wien sprechen, so muss in Berlin übertragen werden. Stellte nun Fig. 280 die drei genannten Stationen dar, so würde der Stromlauf folgender sein. Von der Säule ginge der Strom in Amsterdam wo der Hebel *q* gedrückt wird über w_1, 5, den Daumen *k*, die Feder *f*, zu dem Umschalter nach dem gestöpselten Loch 4 durch den Elektromagneten, nach dem Umschalter Loch 1, über *T* in den Liniendraht nach Berlin. Hier geht er durch den Umschalter *U* nach dem Ausschalter *T*, dem Loch 2 des Umschalters, dann durch die Windungen des Elektromagneten — Berlin liest also mit — nach Loch 3, der Feder *f*, dem Correctionsdaumen *k*, über w_1, und den Contaktstift zur Erde.

Dadurch, dass in Berlin der Anker in Bewegung kommt, wird die vorn erwähnte Feder an den Ruhecontakt gebracht und nun geht von der Säule in Berlin der Strom nach dem Ruhecontakt *R*, über die Feder *F* durch die Leitung 14 nach dem Umschalter *U* und von da nach Wien, wo er denselben Lauf nimmt wie in Berlin zur Erde. So liest also durch die Uebertragung in Berlin Wien die Schrift aus Amsterdam. Will aber Wien etwas antworten, so muss es von seiner Batterie einen Strom senden über w_1, *k*, *f*, etc. und gelangt in Berlin zur Contaktfeder *F* und über die Säule zur Erde. Wien kann also nicht nach Berlin telegraphiren, denn zu diesem Zwecke müsste in Berlin der aus Wien kommende Strom durch die Windungen des Elektromagneten gehen, also kann auch nichts nach Amsterdam übertragen werden, denn die Uebertragung findet nur statt, wenn, wie wir wissen, sich der Magnetanker bewegt.

Fig. 278.

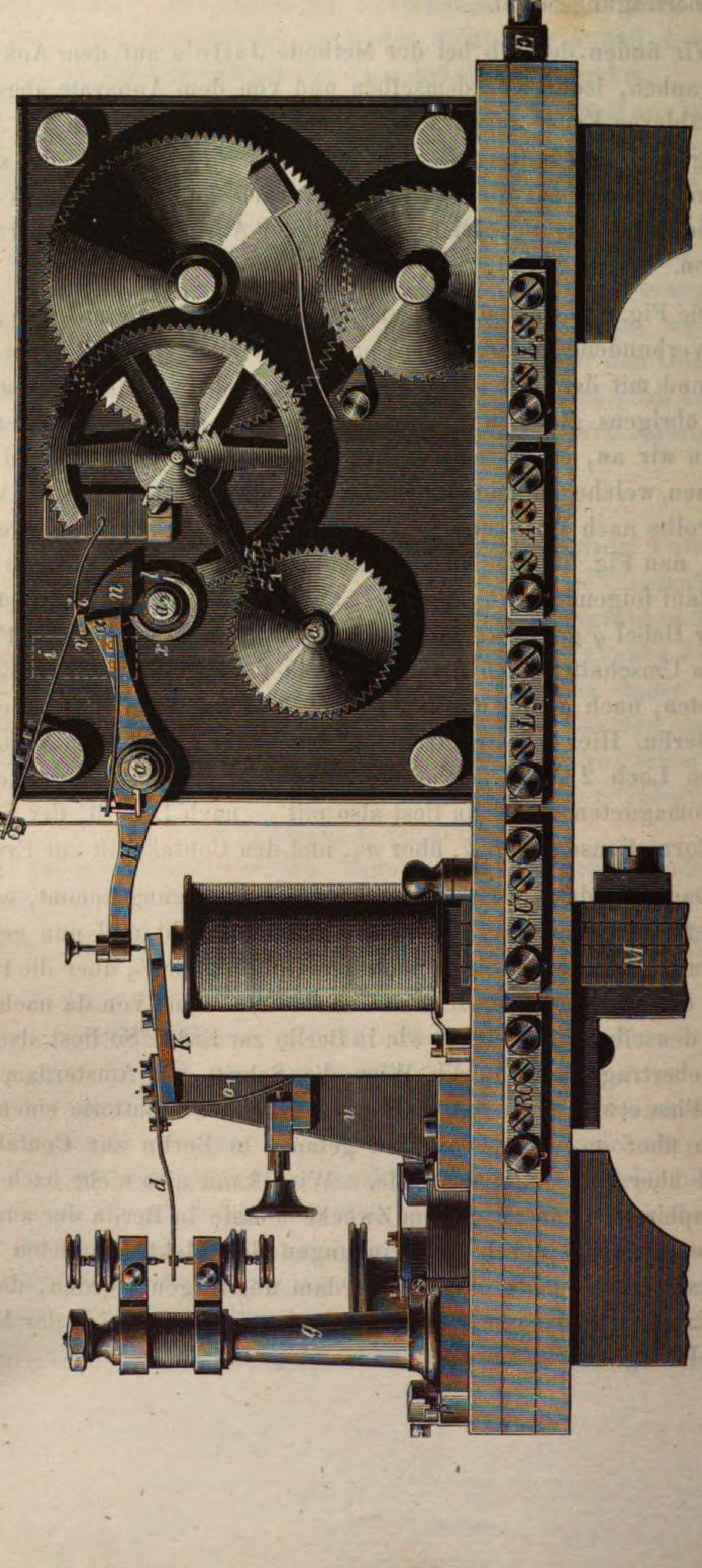
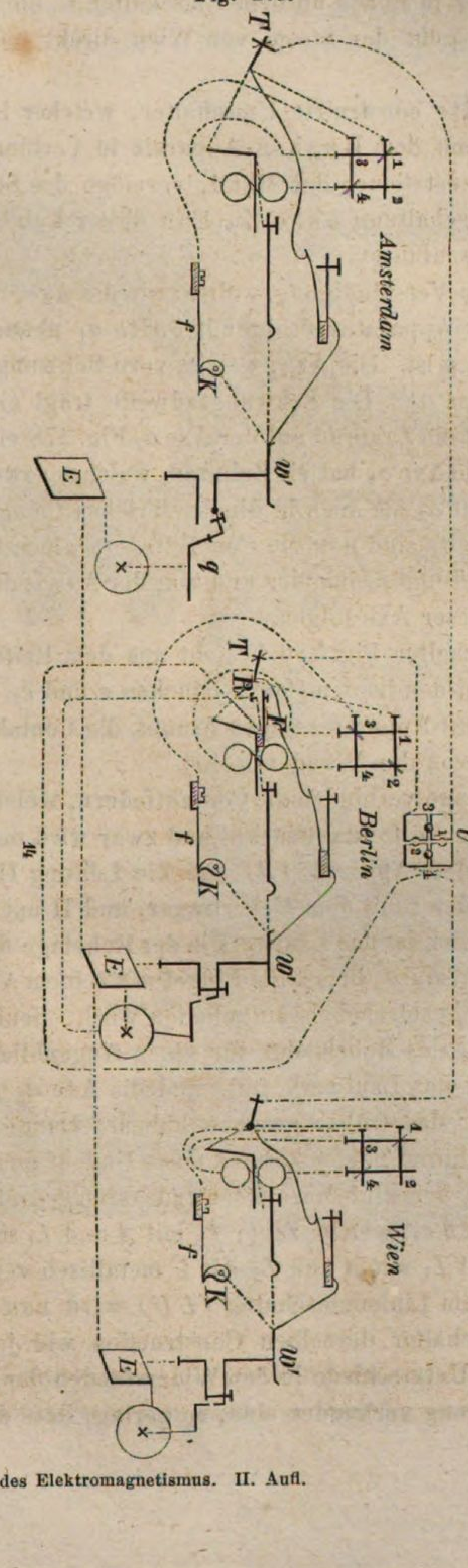


Fig. 279.



Werden aber in Berlin an dem Umschalter U die Löcher 1 und 2 gestöpselt, dann geht der Strom von Wien direkt über Loch 1 nach Amsterdam.

Der von Jaite construirte Umschalter, welcher in Fig. 280 dargestellt ist, und mit dem Hughes-Apparate in Verbindung sein muss, giebt nun den Endstationen das Mittel, vermöge des Stromes auf ihrer Station diese Umschaltung ohne Zuthun dieser Uebertragungsstation nach Belieben auszuführen.

Zur besseren Verständigung wollen wir die Axe, um die sich der Auslösehebel des Apparates dreht mit Jaite a_1 nennen, wie dies in Fig. 278 geschehen ist. Die Axe, welche vorn Schwungradwelle W genannt wird, heisse a_2. Die Schwungradwelle trägt einen Trieb t mit 20 Zähnen, der in ein Zahnrad auf der Axe a_3 Fig. 278 eingreift, welches 80 Zähne hat. Die Axe a_4 hat ein Zahnrad, welches sowohl in die Zähne des Zahnrades auf a_3 als auch in die des Triebes t eingreift.

Auf der Axe a_3 sind nun die Contaktfedern eines Umschalters angebracht. Sie sind unter einander und von der Axe isolirt, müssen aber der Bewegung dieser Axe folgen.

Dieser Umschalter Fig. 280 besteht aus dem Reifen y aus Ebonit (Kammmasse) und den beiden Contaktstücken c und c_1. Der Reifen ist an der Wand w des Apparates angeschraubt, die Contaktstücke an dem Reifen, und sind von den Wänden isolirt.

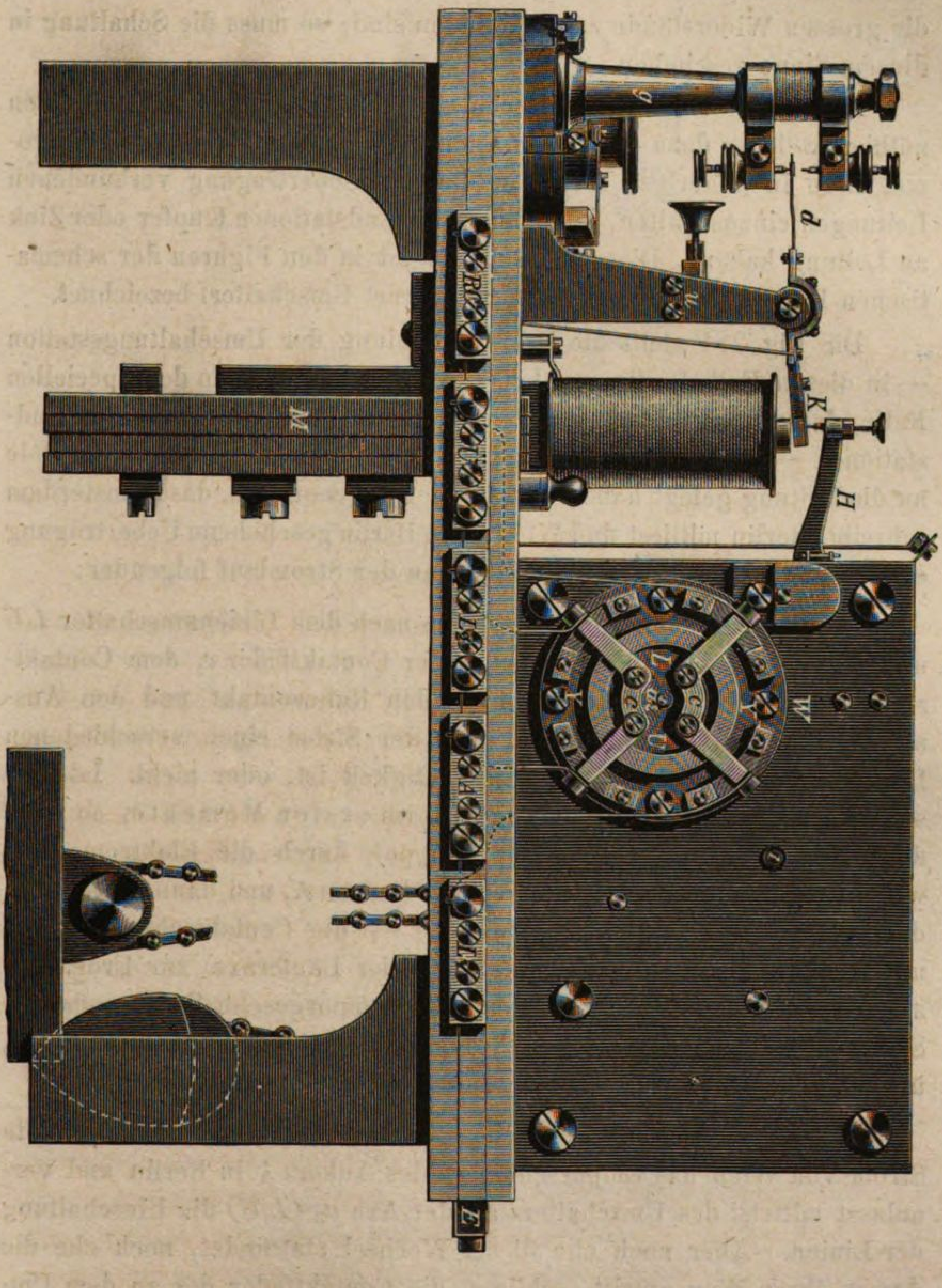
In der Ruhelage verbinden die Contaktfedern, welche an der Axe a_3 befestigt sind, je zwei Contaktstücke, und zwar wird entweder die Leitung I (L_1) mit dem Apparate (A) und die Leitung II (L_2) mit dem Uebertrager $\ddot{U}$, oder I mit dem Uebertrager, und II mit A verbunden.

Wie wir wissen, ist das Laufwerk in der Ruhelage dadurch arretirt, dass der auf der Welle a_2 befestigte Flügel mit seinem Ansatze oberhalb der Nase F_2 des Auslösehebels aufgehalten wird. Senkt sich dagegen das Nasenende F_2 des Hebels nur für einen Augenblick, so wird der Flügel und damit das Laufwerk frei, und die Axe a_2 macht eine Umdrehung, wie wir das früher gesehen haben. Dadurch hat nun das oben erwähnte Zahnrad mit 20 Zähnen einen Umlauf gemacht und somit das auf der Axe a_3 befestigte um einen Quadranten gedreht. Nun müssen die Contaktfedern c c_1, welche zuvor L_2 mit A und L_1 mit $\ddot{U}$ verbunden hatten, umgekehrt L_1 mit A und L_2 mit $\ddot{U}$ metallisch verbinden.

Ausser diesem Linienumschalter $(L\ U)$ wird nun zuweilen noch ein zweiter Umschalter derselben Construction wie jener gebraucht. Sind nämlich die Unterschiede in den Widerständen der Linienleitungen die zur Uebertragung verbunden sind, so gering, dass die dadurch ent-

stehenden Stromdifferenzen in der Praxis unbeachtet bleiben dürfen, so wird nur der eine Umschalter *LU* in Anwendung gebracht; sollen aber

Fig. 280.



Leitungen zur Uebertragung mit einander verbunden werden, deren Widerstände sehr verschieden sind, so werden zwei verschiedene

Batterieen benutzt, und hierzu wird ein zweiter Umschalter *B U* eingeschaltet.

Da nun der Natur der Sache gemäss immer die grosse Batterie *(G B)* mit der grossen Leitung in Verbindung sein muss, da hier auch die grossen Widerstände zu überwinden sind, so muss die Schaltung in diesem Sinne geschehen.

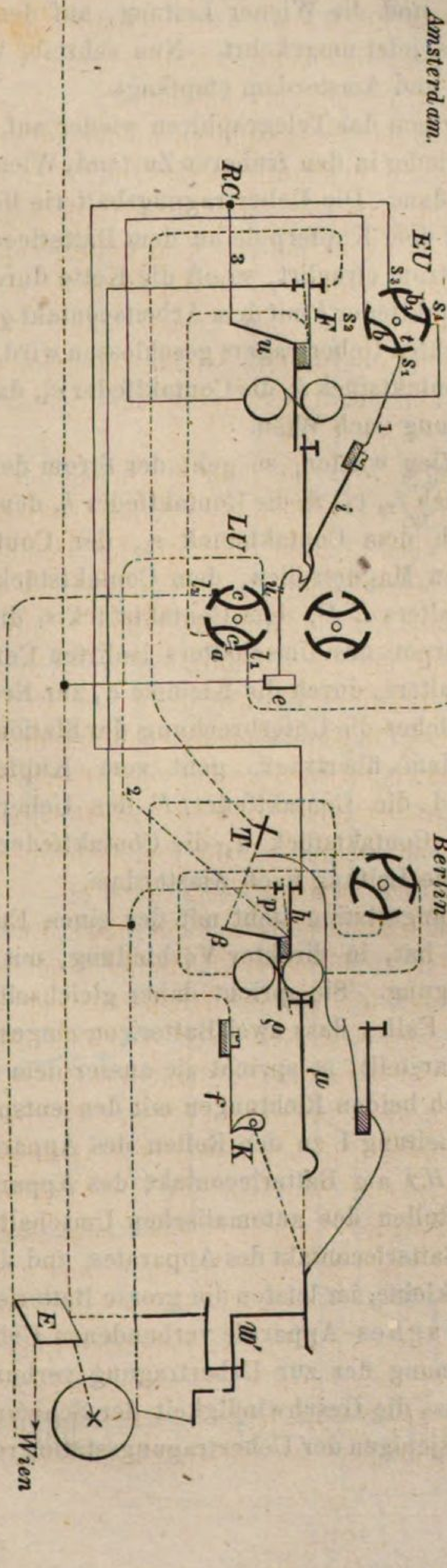
Ausser diesen beiden Umschaltern hat Jaite noch einen dritten nöthig, welcher dazu dient, die Enden der Umwindungen des Elektromagneten in gehöriger Weise in die zur Uebertragung verbundenen Leitungen einzuschalten, je nachdem die Endstationen Kupfer oder Zink an Leitung haben. Dieser Umschalter ist in den Figuren der schematischen Darstellung mit *E U* (Elektromagnet-Umschalter) bezeichnet.

Die Fig. 281 stellt die Drahtverbindung der Umschaltungsstation — in diesem Falle Berlin — schematisch dar und zwar in dem speciellen Falle, dass nur eine Batterie in Thätigkeit ist, und dass die beiden Endstationen — Amsterdam und Wien — ihre Batterieen mit gleichem Pole an die Leitung gelegt haben. Es ist hier angenommen, dass Amsterdam schreibt, Berlin mitliest und Wien die in Berlin geschehene Uebertragung empfängt. In dieser Verbindung ist nun der Stromlauf folgender:

Der Strom kommt von Amsterdam nach dem Linienumschalter *L U* und zwar nach dem Contaktstück l_1 der Contaktfeder *c*, dem Contaktstück *a*, der Contaktfeder *F*, über den Ruhecontakt und den Ausschalter *T*. Von hier an nimmt nun der Strom einen verschiedenen Lauf, je nachdem der Magnet in Thätigkeit ist, oder nicht. Ist derselbe nicht in Thätigkeit, und dies ist im ersten Momente, so muss der Strom über den Umschalter (Wippe), durch die Elektromagnetwindungen, Contaktfeder *f*, Correctionsdaumen *K*, und dann weiter über den oberen Theil des Contaktwagens w_1 die Contaktschraube, den unteren Theil des Contaktwagens (oder der Läuferaxe) zur Erde. Im zweiten Momente aber, wo der Anker emporgeschnellt ist, geht der Strom über *T* nach dem Bock β, dem Anker ϱ, dem Auslösehebel μ, über w_1, nach *E*.

Sollte nun Wien die Depesche unterbrechen, so bewirkt der erste Strom von Wien das Emporschnellen des Ankers *k* in Berlin und veranlasst mittelst des Umschalters an der Axe a_3 *(L U)* die Umschaltung der Linien. Aber noch ehe dieser Wechsel stattfindet, noch ehe die Axe a_3 ihren Weg antritt, schliesst die Contaktfeder des an dem Umschalter angebrachten Uebertragers die Uebertragungsbatterie und berichtet die von Wien ausgehende Unterbrechung nach Amsterdam.

Fig. 281.



Während daher zuvor in Berlin die Amsterdamer Leitung auf den Hughes-Apparat, und die Wiener Leitung, auf den Uebertrager geschaltet war, ist es jetzt umgekehrt. Nun schreibt Wien, Berlin liest mit und überträgt, und Amsterdam empfängt.

Nimmt Amsterdam das Telegraphiren wieder auf, so stellt die erste Stromwelle Alles wieder in den früheren Zustand, Wien empfängt wieder Schrift aus Amsterdam. Die Uebertragungsbatterie liegt mit dem Zinkpole an Erde, mit dem Kupferpole an dem Batteriecontakt des Uebertragers, und der Strom circulirt, so oft die Kette durch die metallische Berührung der Contaktfeder h mit dem Arbeitscontakt q des am Hughes-Apparate angebrachten Uebertragers geschlossen wird, über die Feder h, den Draht 2, das Contaktstück $\ddot{u}$, die Contaktfeder c_1, das Contaktstück l_2, und durch die Leitung nach Wien.

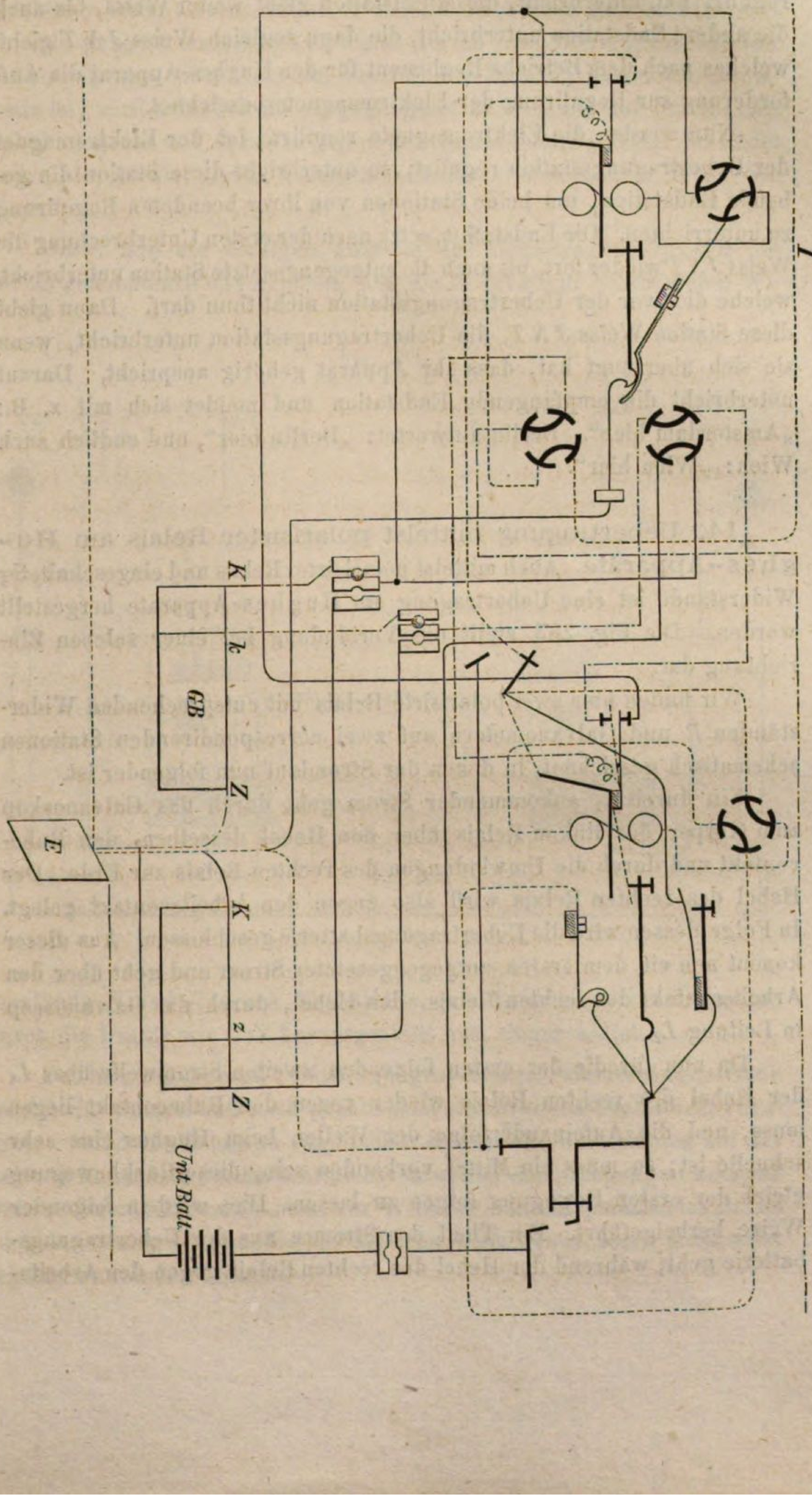
Unterbricht Wien wieder, so geht der Strom der Linie aus Wien nach Berlin und nach l_2, c_1, $\ddot{u}$, die Contaktfeder h, den Ruhecontakt des Uebertragers, nach dem Contaktstück s_3, der Contaktfeder b_1 dem Contaktstück s_4, den Magnetrollen, dem Contaktstück s_2, der Contaktfeder b des Umschalters $E\ U$, dem Contaktstück s_1 durch den Draht 1, zu der von dem Körper des Umschalters isolirten Contaktfeder i, dem Körper des Umschalters, durch die Klemme e, zur Erde.

Der Strom, welcher die Unterbrechung der Station Wien von Berlin aus nach Amsterdam überträgt, geht vom Kupferpole nach dem Batteriecontakt und die Contaktfeder F des Uebertragers am Umschalter durch das Contaktstück a, die Contaktfeder c, das Contaktstück l_1 und so in die Leitung nach Amsterdam.

Die Uebertragungsstation steht mit der einen Endstation, welche zuletzt gesprochen hat, in direkter Verbindung, mit der anderen nur durch die Uebertragung. Sie spricht daher gleichzeitig zu beiden Stationen, und in dem Falle, dass zwei Batterieen eingeschaltet sind, wie dies die Fig. 283 darstellt, so spricht sie ausser dem in jeder Stellung der Umschalter nach beiden Richtungen mit den entsprechenden Batterieen. Führt die Leitung I zu den Rollen des Apparates, so liegt die grosse Batterie *(G. B.)* am Batteriecontakt des Apparates. Führt die Leitung I zu den Rollen des automatischen Umschalters, so liegt die kleine Batterie am Batteriecontakt des Apparates, und dem entsprechend im ersten Falle die kleine, im letzten die grosse Batterie am Batteriecontakt des mit dem Hughes-Apparate verbundenen Uebertragers.

Bei der Bedienung der zur Uebertragung verbundenen Apparate ist zu beachten, dass die Geschwindigkeit der Schwungräder nach der Geschwindigkeit desjenigen der Uebertragungsstation regulirt wird. Die

Fig. 282.



Uebertragungsstation giebt deshalb Weiss, die Endstation, welche regulirt hat, unterbricht, die Mittelstation giebt weiter Weiss, bis auch die andere Endstation unterbricht, die dann sogleich Weiss *JNT* giebt, welches nach dem Betriebs-Reglement für den Hughes-Apparat die Aufforderung zur Regulirung der Elektromagnete bezeichnet.

Nun werden die Elektromagnete regulirt. Ist der Elektromagnet der Uebertragungsstation regulirt, so unterbricht diese Station die gebende Endstation, um beide Stationen von ihrer beendeten Regulirung zu unterrichten. Die Endstation setzt nach der ersten Unterbrechung die Weiss *JNT* wieder fort, bis auch die entgegengesetzte Station unterbricht, welche dies vor der Uebertragungsstation nicht thun darf. Dann giebt diese Station Weiss *JNT*, die Uebertragungsstation unterbricht, wenn sie sich überzeugt hat, dass ihr Apparat gehörig anspricht. Darauf unterbricht die empfangende Endstation und meldet sich mit z. B.: „Amsterdam hier". Berlin antwortet: „Berlin hier", und endlich auch Wien: „Wien hier".

14. Uebertragung mittelst polarisirter Relais am Hughes-Apparate. Auch mittelst polarisirter Relais und eingeschalteter Widerstände ist eine Uebertragung am Hughes-Apparate hergestellt worden. Die Fig. 283 stellt die Verbindung bei einer solchen Einrichtung dar.

Wir finden hier zwei polarisirte Relais mit entsprechenden Widerständen *R* und Galvanometern auf zwei correspondirenden Stationen schematisch gezeichnet, in denen der Stromlauf nun folgender ist.

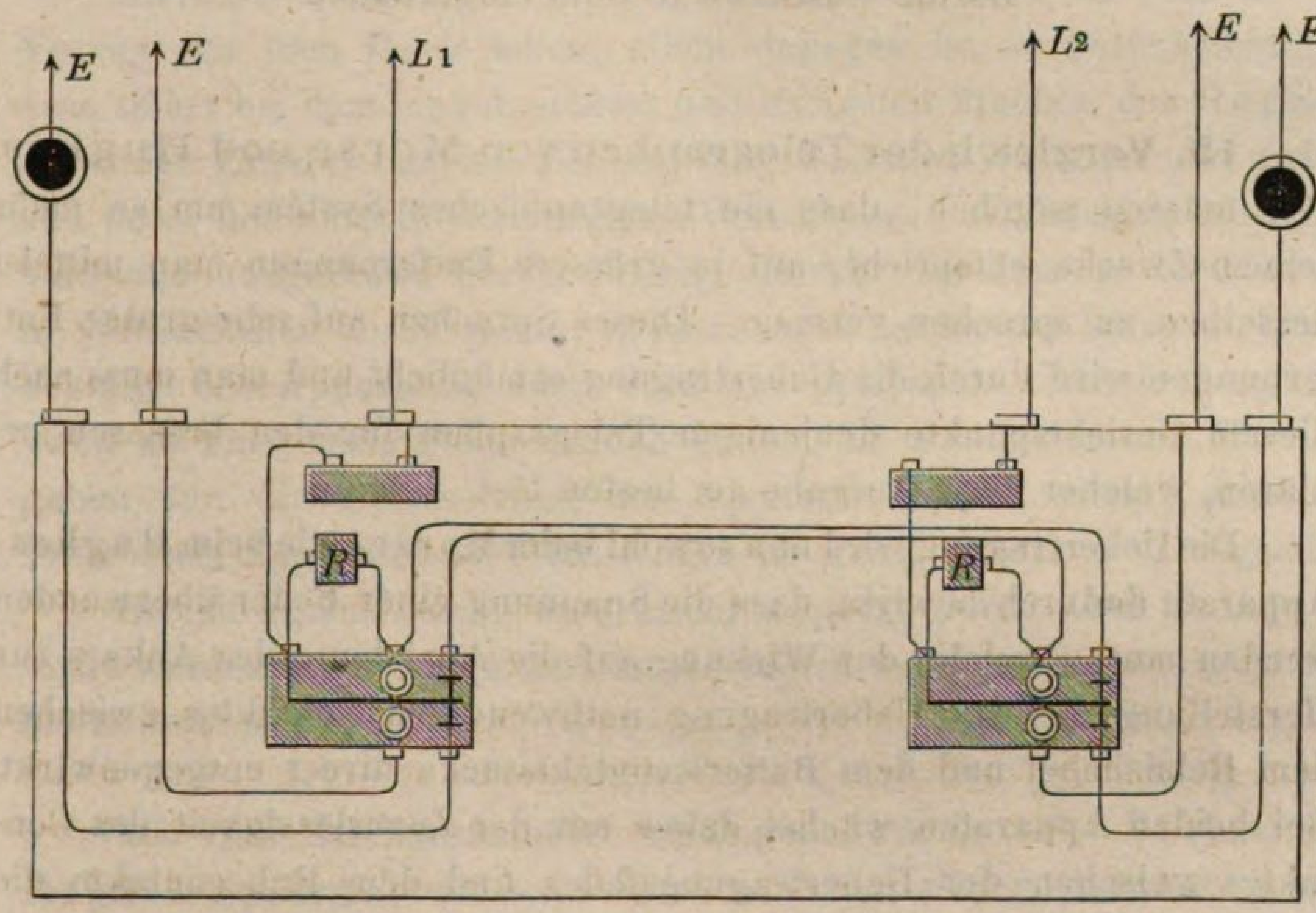
Ein durch L_1 ankommender Strom geht durch das Galvanoskop zum Körper des linken Relais über den Hebel desselben, den Ruhecontakt und durch die Umwindungen des rechten Relais zur Erde. Der Hebel des rechten Relais wird also gegen den Arbeitscontakt gelegt. In Folge dessen wird die Uebertragungsbatterie geschlossen. Aus dieser kommt nun ein dem ersten entgegengesetzter Strom und geht über den Arbeitscontakt des rechten Relais, den Hebel, durch das Galvanoscop in Leitung L_2.

Da nun für die der ersten folgenden zweiten Stromwelle über L_1 der Hebel des rechten Relais wieder gegen den Ruhecontakt liegen muss, und die Aufeinanderfolge der Wellen beim Hughes eine sehr schnelle ist; so muss ein Mittel vorhanden sein, diese Rückbewegung gleich der ersten Bewegung folgen zu lassen. Dies wird in folgender Weise herbeigeführt. Ein Theil des Stromes aus der Uebertragungsbatterie geht, während der Hebel des rechten Relais gegen den Arbeits-

contakt liegt, durch den Widerstand *R* und die Umwindungen des rechten Relais zur Erde, also zu derselben Zeit, während der grösste Theil des Uebertragungsstromes durch L_2 wirkt. Durch jenen Zweigstrom, welcher von entgegengesetzter Polarität, wie die erste durch L_1 kommende Stromwelle ist, wird natürlich die entgegengesetzte Wirkung auf den rechten Hebel ausgeübt und derselbe gegen den Ruhecontakt gelegt. So findet mithin die zweite von L_1 kommende Stromwelle denselben Weg, wie die erste.

Damit nun die nöthigen Antheile des Uebertragungsstromes die vorher genannten Wege nehmen, sind die in der Figur bezeichneten Wi-

Fig. 283.



derstände *R* und *R* deren Verhältniss zum Leitungswiderstande sich durch die Praxis wie 3 : 2 herausgestellt hat, eingeschaltet.

Das hier angegebene Uebertragungssystem ist, wie der Augenschein zeigt, sehr einfach und nach praktischen Erfahrungen auch leicht regulirbar. Sind die Relais so empfindlich eingestellt, dass sie den auf der Leitung kommenden schwächsten Stromwellen entsprechen, so kommen weitere Stromdifferenzen nicht zur Wirkung, da ein polarisirtes Relais auch für stärkere Ströme keinen anderen Effect liefert, somit nicht mehr regulirt zu werden braucht.

Wenn nun auch die früher beschriebene Uebertragung von Jaite der eben genannten gegenüber den Vortheil hat, dass von der Uebertragungsstation aus jederzeit nach beiden Seiten hin telegraphirt werden kann; so dürfen wir andererseits nicht übersehen, dass die Ueberwachung der Jaite'schen Uebertragung einerseits einen geübten Beamten, andererseits das beständige Aufziehen des Apparates erfordert, was beides bei der letztgenannten Uebertragung nicht der Fall ist.

Diese Uebertragung mittelst polarisirter Relais ist auf Anordnung der Generaldirektion auf der Linie

Berlin — Paris in Frankfurt a/M.

auf der Linie

Berlin — Brüssel in Cöln eingerichtet.

15. Vergleich der Telegraphen von Morse und Hughes. Wir müssen zugeben, dass ein telegraphisches System um so mehr seinem Zwecke entspricht, auf je grössere Entfernungen man mittelst desselben zu sprechen vermag. Dieses Sprechen auf sehr grosse Entfernungen wird durch die Uebertragung ermöglicht und man muss nach diesem Gesichtspunkte denjenigen Telegraphen für den besseren erklären, welcher diese Aufgabe am besten löst.

Die Uebertragung wird nun sowohl beim Morse- wie beim Hughes-Apparate dadurch bewirkt, dass die Spannung einer Feder überwunden werden muss, welche der Wirkung auf die Anziehung des Ankers zur Herstellung des zur Uebertragung nothwendigen Contaktes zwischen dem Relaishebel und dem Batteriecontaktstücke direct entgegenwirkt. Bei beiden Apparaten wächst daher mit der Zuverlässigkeit des Contaktes zwischen der Uebertragungsfeder und dem Ruhecontakte die Kraft, welche dieser dabei wirksamen Feder entgegen wirken muss, und die Uebertragung wird daher um so unzuverlässiger, je geringer die Stromesintensität wird. Hierzu kommen noch manche anderen Uebelstände, besonders die Complicirtheit des Hughes-Apparates, um das Sprechen auf beliebige Entfernungen zu beschränken.

Allein diesem Uebelstande ungeachtet sind nach dem jetzigen Stande der Telegraphie die beiden genannten Apparate doch diejenigen, welche den übrigen so weit voranstehen, dass eben nur sie beide mit einander in Bezug auf ihre Leistungsfähigkeit verglichen werden können, womit nicht gesagt werden soll, dass nicht in Kurzem beide Systeme von einem anderen übertroffen werden könnten.

Während Morse hinsichtlich der Einfachheit in der Construction und in der Bedienung als Muster für alle Telegraphen angesehen werden kann, liefert Hughes den Maassstab für die Leistungsfähigkeit eines Apparates, aber der Vorzug des einen ist auf Kosten der Vorzüge des anderen erzielt. Der Hughes'sche Apparat leistet das $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{2}{3}$ fache des Morse'schen. Bei einer achtstündigen Dienstzeit und bei einer Laufgeschwindigkeit der Typenräder von 100 Umdrehungen in einer Minute tauscht erfahrungsmässig der grösste Theil der Telegraphisten mittelst des Hughes durchschnittlich 20 bis 22 Depeschen in einer Stunde aus, wogegen der Apparat erlaubt unter in jeder Beziehung günstigen Verhältnissen in derselben Zeit 30 bis 35 Depeschen zu befördern. Den 20—22 Depeschen des Hughes stehen 13—15 des Morse gegenüber.

Hiernach hätte also der Hughes'sche Apparat bei Weitem den Vorzug vor dem Morse'schen, allein dagegen ist zu berücksichtigen, dass selbst bei dem eingehendsten und eifrigsten Studium des Hughes, nach der aufmerksamsten Beobachtung desselben während der Arbeit und unter den verschiedenartigsten Verhältnissen schliesslich doch, sobald eine mangelhafte Verständigung eintritt, die Ursache der Störung in vielen Fällen nicht sofort, sondern erst nach einer längeren Beobachtung des Apparates, oder wohl gar erst nach einer Prüfung von Theil zu Theil festgestellt werden kann. Es werden ferner die Ausgaben für die Restaurirung der Apparate so bedeutend, dass der Preis eines Apparates (400 Thlr.) sich in wenigen Jahren verdoppelt.

Hierzu kommt noch, dass dieser Apparat durch zwei Beamte bedient werden muss, wenn mittelst desselben mehr geleistet werden soll als mittelst des Morse.

16. Als Stromerreger wird gegenwärtig zum Betriebe der Hughes-Apparate von der deutschen Telegraphenverwaltung im ausgedehntesten Maassstabe die vorn beschriebene Chrombatterie verwendet. Die dabei im Gebrauch befindlichen Elemente zeigen am oberen Rande der Kohlencylinder einen Bleiring, welcher die Kohle umgiebt und mit einer Messingklemme versehen ist.

§ 2.

Das automatische Telegraphensystem von Siemens.

Wie wir in dem VI. Abschnitt p. 410 gesehen haben, hatte schon Morse anfänglich die Absicht, auf seinem Telegraphen Depeschen zu

befördern, welche vor der Absendung vorbereitet waren. Diese Art der Beförderung hat man mit dem Namen der automatischen bezeichnet. Auch der vorn beschriebene Typentelegraph von Siemens gründet sich auf dieses Prinzip des Vorbereitens der Depesche. Ausser diesen beiden Erfindern haben sich noch viele andere, wie Varley, Wheatstone, Digney, Bain mit der Ausführung dieses Systems beschäftigt.

Während der Typentelegraph von Siemens und Halske, wie wir gesehen haben, das Setzen metallner Typen erfordert, und in dieser Weise eine Vorbereitung der zu versendenden Depesche vor dem Telegraphiren derselben nöthig macht, besteht bei dem sogenannten automatischen System die Vorbereitung darin, dass mittelst sogenannter Locher runde Löcher in Papierstreifen gestanzt werden, vermittelst deren der geeignete Apparat Ströme in die Leitung sendet. Auf der empfangenden Station erscheint dann die Depesche als kurze und lange Striche, welche wie beim Morse Buchstaben repräsentiren. Die Einrichtung des Telegraphen ist nach Siemens eigener Beschreibung[1]) folgende.

Nachdem Siemens für das Setzen der Typen des vorher beschriebenen Telegraphen ohne befriedigenden Erfolg eine Setzmaschine zum schnellen Setzen und Ablegen der Typen construirt hatte, ist er zu dem schon von Bain benutzten Papierbande zurückgegangen und versieht dasselbe in der oben erwähnten Weise vor dem Telegraphiren mit Löchern.

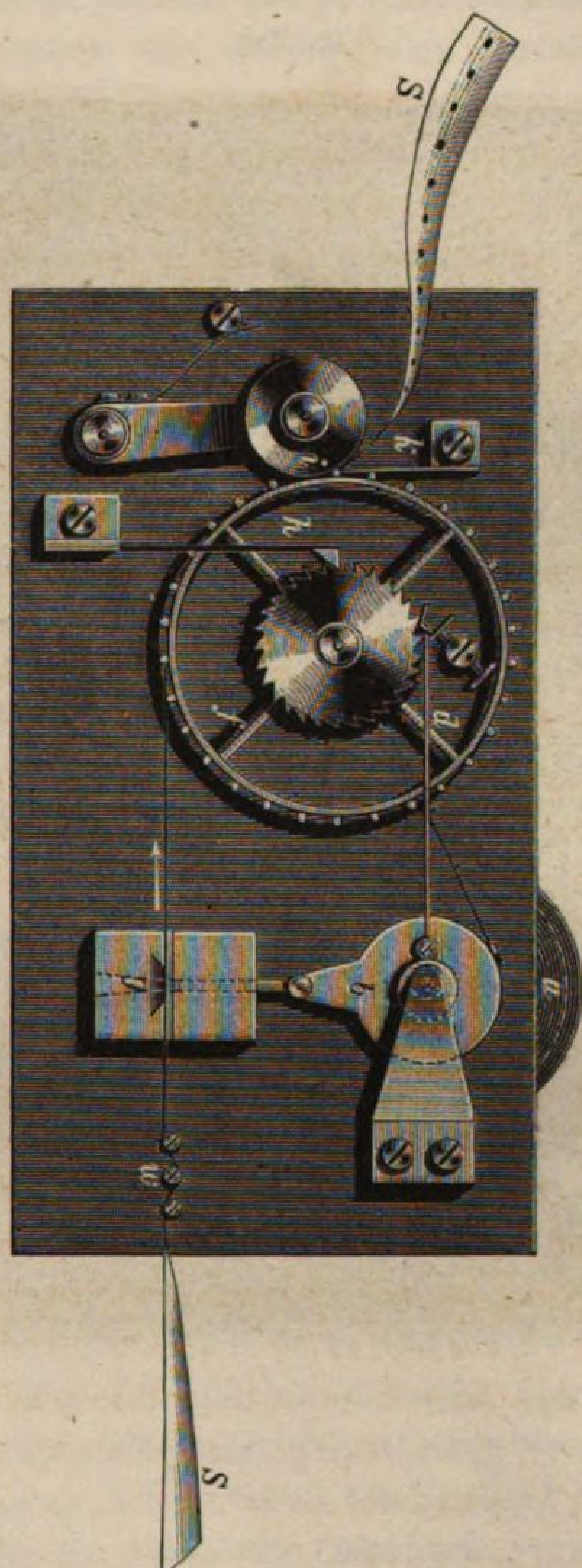
1. **Die Mittellochreihe.** Damit nun diese Löcher in der gehörigen Anordnung in das Papier gebracht werden können, wird zuvor eine regelmässige Reihe von Führungslöchern in der Mitte des Papiers gemacht. Der in der Fig. 284 dargestellte Apparat dient zum Herstellen dieser Mittellochreihe.

Eine Stahlaxe trägt ausser einer Schnurrolle, durch die sie schnell gedreht wird, an ihrem vorderen Ende ein Excenter *b*, welches den Lochstift *c* auf und ab, den Sperrkegel *d* hin- herbewegt. Der letztere bewegt ein Sperrrad *e* und mit diesem eine Walze *f*, welche den Papierstreifen *S* fortschiebt, indem sie mit Stiften in der Mitte ihres Umfanges in die zuvor gelochten Löcher des Papierstreifens eingreift. Die Rolle *i* drückt den Papierstreifen in gehöriger Weise gegen die Walze, und so wird derselbe von selbst fortgeführt, um in regelmässig folgenden Zwischenräumen von 6^{mm} die Mittellöcherreihe zu erhalten.

[1]) Brix Journal XIV, pag. 139.

2. Der Handschriftlocher. Zur Herstellung der eigentlichen Schriftlöcher dient der Apparat Fig. 285. Drei Stempel 1, 2, 3 bewegen

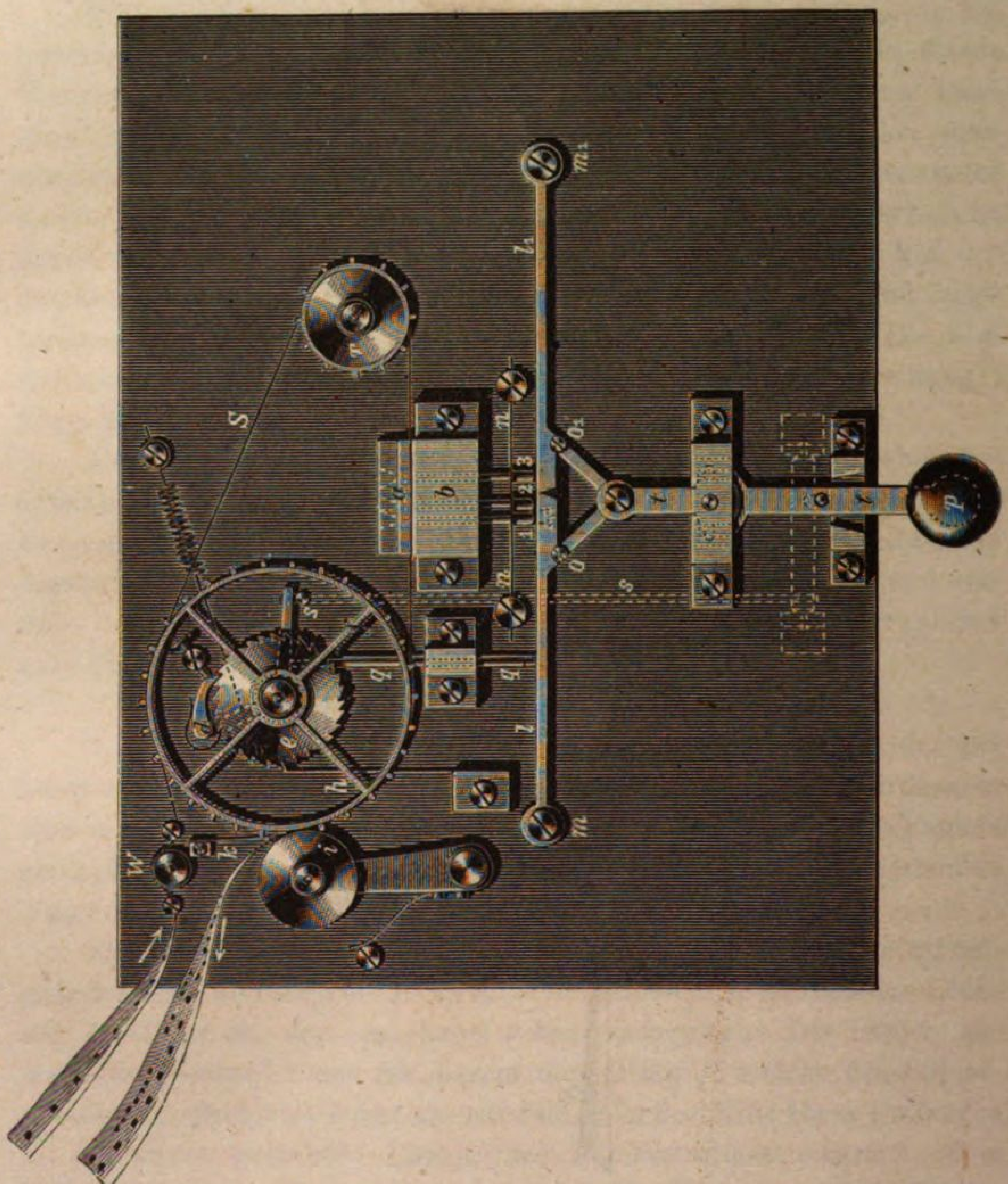
Fig. 284.



sich horizontal in der Richtung ihrer Axe und stanzen so in dem Papierstreifen S' die erforderlichen Löcher. Diese drei Stempel stehen so von einander entfernt, dass die Stempel 1 und 2 drei Millimeter, die 2 und 3

bezeichneten 6^{mm} Entfernung haben, so dass, wenn man mittelst *m* und *m'* die Hebelarme *l* und *l'* Stempel 1 und 2 stösst, zwei Löcher von 3^{mm} Abstand, durch 2 und 3 solche von 6^{mm} Abstand und durch 1 und 3 solche von 9^{mm} Abstand erhält. Behufs des richtigen Treffens der Stempel

Fig. 285.



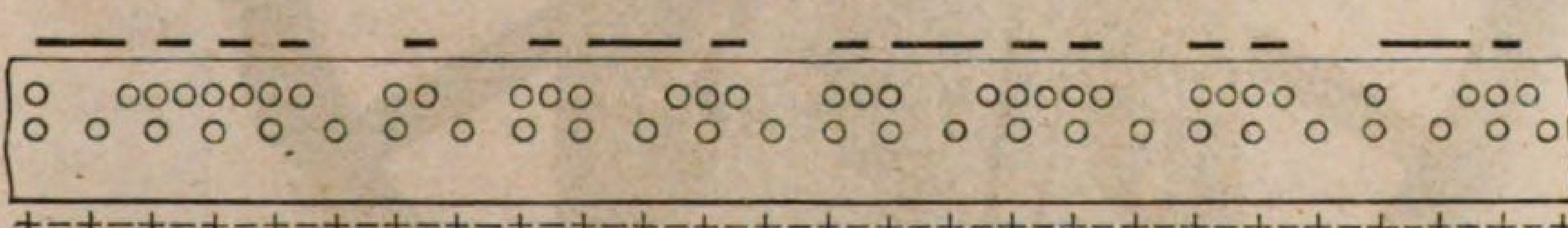
dienen die beiden Hebeltheile *t*, welche nach rechts und links bewegt werden können. Der Lauf des Papierstreifens bei diesem Lochern wird aus der Figur deutlich. Um nun mit diesem Apparate eine Depesche

auf dem Papier in Form von Löchern darzustellen, wird der Knopf *p* nach rechts verschoben, wenn ein Punkt, nach links, wenn ein Strich entstehen soll.

Bei einiger Uebung geht das Lochern so schnell, wie das direkte Abgeben einer Depesche mittelst des Morseschlüssels. Ausser diesem Handschriftlocher können die Löcher noch durch einen Tastenschriftlocher in der Weise erzeugt werden, dass bei jedesmaligem Drücken der Taste einer Claviatur gleichzeitig so viel Löcher in den Papierstreifen gestossen werden, als zu je einem Buchstaben erforderlich sind, so dass mittelst dieses Apparates das Herstellen der Löcher nur $^1/_3$ bis $^1/_4$ der Zeit in Anspruch nimmt, wie diese Arbeit durch den Handschriftlocher erfordert. Das Ansehn, welches ein solcher doppelt gelochter Papierstreifen hat, ist aus Fig. 286 zu erkennen.

3. Der Versendungsapparat. Um nun die in der angegebenen Weise auf den Papierstreifen gebrachte Depesche mittelst des elektrischen Stromes zu befördern, hat Siemens sowohl Magnetoinductionsströme als auch Batterieströme angewandt. Wie man sich denken kann, hat die Art der Stromerzeugung keinen Einfluss auf die Construction des übrigen Apparates. Als Stromerreger der ersten Art diente die bereits bekannte Inductionsmaschiene, wie sie bei dem Inductionszeiger von Siemens und Halske vorn beschrieben ist. Die Fig. 287 stellt einen solchen durch Magnetoinduction bewegten Apparat dar. Der Inductor erzeugt bei einer Umdrehung zweimal einen Strom von abwechselnder Richtung. Die Axe *x*, welche durch die Kurbel *k* gedreht wird, trägt am einen Ende das in den Trieb des Inductors eingreifende Zahnrad *z*, am anderen die isolirt aufgestellte Stiftwalze *f*, welche das Fortziehen des gelochten Streifens besorgt. So oft die Walze um einen Stift fortrückt, hat sich der Inductoranker einmal umgedreht.

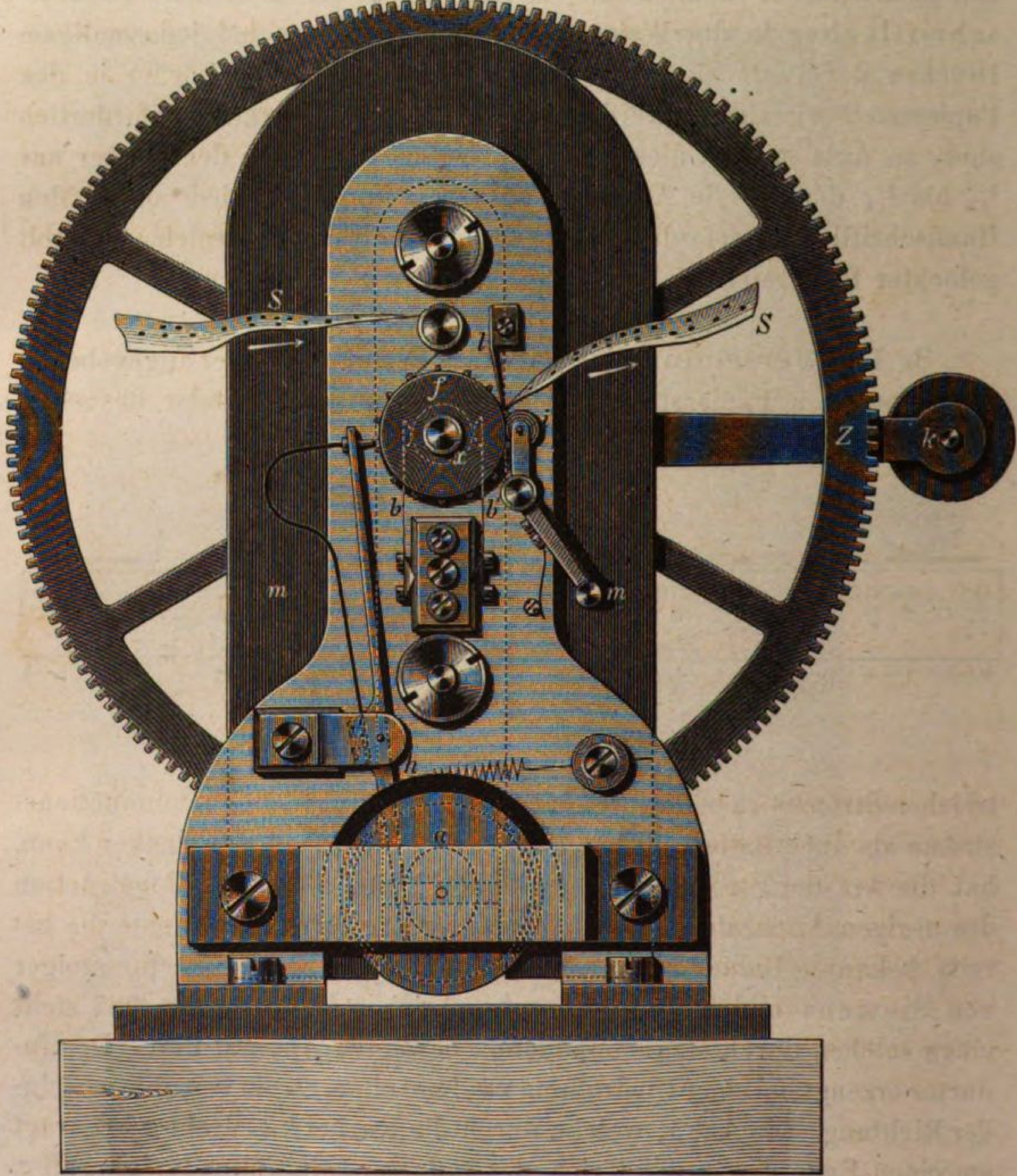
Fig. 286.



Seitwärts von den Führungsstiften wird die Walze *f* nach je 3^{mm} von dem Metallstift *e* federnd berührt, und zwar immer in dem Moment,

wenn der vom Inductor ausgehende Strom sein Maximum erreicht hat. Dass dies stets pünktlich geschieht, wird dadurch bewirkt, dass der

Fig. 287.



Stift *e* das Ende des zweiarmigen Hebels *h* bildet, dessen anderes Ende gegen ein Oval *o* drückt, welches auf die Axe des Inductorankers isolirt aufgeschoben ist und also so den Hebel rechtzeitig hin und her bewegen muss. Da nun das eine Ende des Inductordrahtes mit der Erde, das

andere mit dem Oval in Verbindung steht, so muss bei richtiger Stellung des Ovals die Berührung der Walze *f* in dem erwünschten Momente geschehen.

So oft nun der Stift die Walze direkt berührt, wird ein Inductionsstrom in die Leitung gesandt; ist daher ein Papierstreifen über die Walze gelegt, so kann der Strom nur dann auftreten, wenn er ein Loch in diesem Papier findet. Die Walze ist so gestellt, dass der Stift jedes zweite Mal seines Berührens neben einen Führungsstift trifft und bewirkt dann auf der entfernten Station das Anlegen des Farberöllchens an den Papierstreifen. Dieses Röllchen muss also dann auf der entfernten Station ein Zeichen auf dem vorbeigehenden Papier machen. War nun z. B. dieser hindurchgehende Strom ein positiver (+), und findet der sich nach 3^{mm} wieder senkende Stift wieder ein Loch, so muss er nun einen — Strom vorsenden, das Röllchen der anderen Station hebt sich wieder und ein kurzer Strich (Punkt) ist fertig. Folgt hingegen erst wieder nach 9^{mm} ein Loch, wo wieder ein Führungsstift steht, so wird erst dann der negative Strom versandt, das Röllchen wird erst dann gehoben, und es ist ein Strich gemacht.

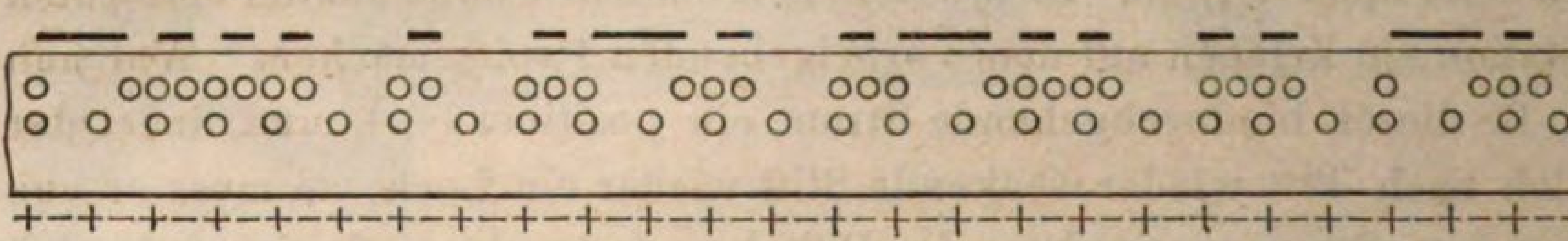
Hiernach bewirken also zwei auf einander folgende Löcher des gelochten Papierstreifens ein Zeichen auf der fernen Station, wenn das erste Loch neben einem Führungsloche der Mittelreihe liegt, dagegen einen Zwischenraum, wenn es nicht neben einem solchen Loche, sondern zwischen zwei Führungslöchern liegt. Die Entfernung der Schriftlöcher muss also immer ein ungerades Vielfaches von 3^{mm} betragen. Statt des hier in Anwendung befindlichen Stiftes *e* kann auch eine auf der Walze *f* streifende Feder dienen, wie man leicht einsieht, und es hat sich hierzu ein Bündel feiner Stahlnadeln als sehr geeignet erwiesen. Statt des Drehens an einer Kurbel, kann auch ein Schwungrad mit Trittbrett, wie an einer Drehbank, zur Anwendung kommen, in welchem Falle dann die Drehung des Ankers auf die Stiftwalze mittelst Schraube ohne Ende übertragen würde.

Behufs Benutzung der Batterieströme sind zwei Batterieen anzuwenden, die abwechselnd den Strom von dem Kupfer- und von dem Zinkpole in den Apparat senden müssen, während die entsprechenden anderen Pole zur Erde abgeleitet sind. Da in diesem Falle die Drehung des Inductors wegfällt und also die der Stiftwalze nur geringe Kraft erfordert, so kann bei dieser Einrichtung statt der vorn erwähnten Kurbel oder des Schwungrades ein Uhrwerk zur Anwendung kommen, was ein erheblicher Vortheil ist. Aus diesem Grunde, so wie wegen

der Schwierigkeiten, welche der Inductionsstrom überhaupt einer Versendung auf weitere Strecken entgegensetzt, wird dieser Apparat nur mit Batteriewechselströmen wirklich angewendet, ganz so, wie dies auch bei dem später beschriebenen automatischen Telegraphen von Wheatstone geschieht.

Die Fig. 288 stellt sehr deutlich die Wirkung der Löcher auf der nächsten Station dar. Die unten stehenden Löcher sind die der Mittel-

Fig. 288.



lochreihe, sie befinden sich in gleichen Entfernungen von einander. Nun haben wir gesehen, dass ein Loch der oberen Reihe einen Strich anfängt, wenn es neben einem Mittelloche liegt. Dies ist in der Figur bei dem ersten Loche links der Fall. Das nächste Loch liegt nicht neben einem Mittelloche, sondern zwischen zwei solchen Löchern, es ist 9^{mm} von dem ersten entfernt, hier freilich weniger, weil die Fig. verkleinert ist. Der 9^{mm} lange Strich muss also bei diesem Loche aufhören. Das nächste Loch steht wieder neben einem Mittelloche, lässt also wieder einen Strich anfangen, der aber nach 3^{mm} aufhört, da sich dort wieder ein Loch zwischen Mittellöchern findet. Ebenso ist es mit den beiden folgenden Strichen. Wir haben auf diese Weise, wenn wir im Sinn der Morseschrift reden, einen Strich und drei Punkte (—— – – –) zu Stande gebracht, was in der Morseschrift *B* heisst. Das nächste Loch muss wegen seiner Stellung in 9^{mm} Entfernung von dem letzten wieder einen Strich beginnen, der nach 3^{mm} aufhört, und so weiter fort. So stellt also der hier gezeichnete Streifen das Wort Berlin dar, welches in den den Löchern entsprechenden Strichen und Punkten über dieselben gesetzt ist.

Der Schreibapparat besteht aus einem polarisirten Farbschreiber, wie er vorn beschrieben ist, dessen Geschwindigkeit durch eine besondere Vorrichtung beliebig regulirt werden kann. Die vorn erwähnte Anwendung von Inductionsströmen für die Versendung der Depeschen hat sich, wie schon bemerkt, für die jetzigen Einrichtungen nicht bewährt, und es werden daher in der deutschen Telegraphenverwaltung

und somit auch für den vorliegenden Fall nur Batterieströme verwendet. Mittelst eines so eingerichteten automatischen Systemes werden von der Centralstation zu Berlin täglich die meteorologischen Nachrichten versendet.

§ 3.

Das automatische Telegraphensystem von Wheatstone.

Es ist schon erwähnt, dass auch Wheatstone sich mit der Herstellung eines automatischen Telegraphen beschäftigt hat. In neuester Zeit ist auf der Centralstation in Berlin ein Apparat dieser Art aufgestellt, welcher äusserst sinnreich construirt ist, und jetzt auf seine Brauchbarkeit geprüft werden soll. Bei diesem System werden im Allgemeinen die Grundsätze befolgt, welche bei dem soeben beschriebenen von Siemens maassgebend sind.

Es werden vermittelst eines Handschriftlochers Löcher in einen Papierstreifen gemacht, nur ist hervorzuheben, dass bei dem Wheatstone'schen Apparate der Papierstreifen ausser der Mittellochreihe noch 2 Reihen von Löchern hat, je eine auf jeder Seite der Mittellochreihe, während der Apparat von Siemens nur durch eine Reihe von Löchern die Schrift giebt.

Das schnelle Telegraphiren wird besonders durch Anwendung von Wechselströmen gefördert. Während daher die früheren Apparate Wheatstone's mit gleichgerichteten Strömen arbeiteten, sind bei diesem neuen Apparate ebenfalls Wechselströme in Anwendung.

Wie wir soeben bei dem Siemens'schen Apparate den Empfänger der Depeschen als wenig oder gar nicht verschieden von einem Morse'schen Farbschreiber gefunden haben, so ist es auch bei dem Empfänger Wheatstone's. Wir können also die Beschreibung sowohl dieses Apparates, wie des des Lochers übergehen und wenden uns zunächst zu dem Geber.

1. Der Geber des automatischen Systems von Wheatstone. Die Fig. 289 stellt eine perspectivische Ansicht dieses Apparates

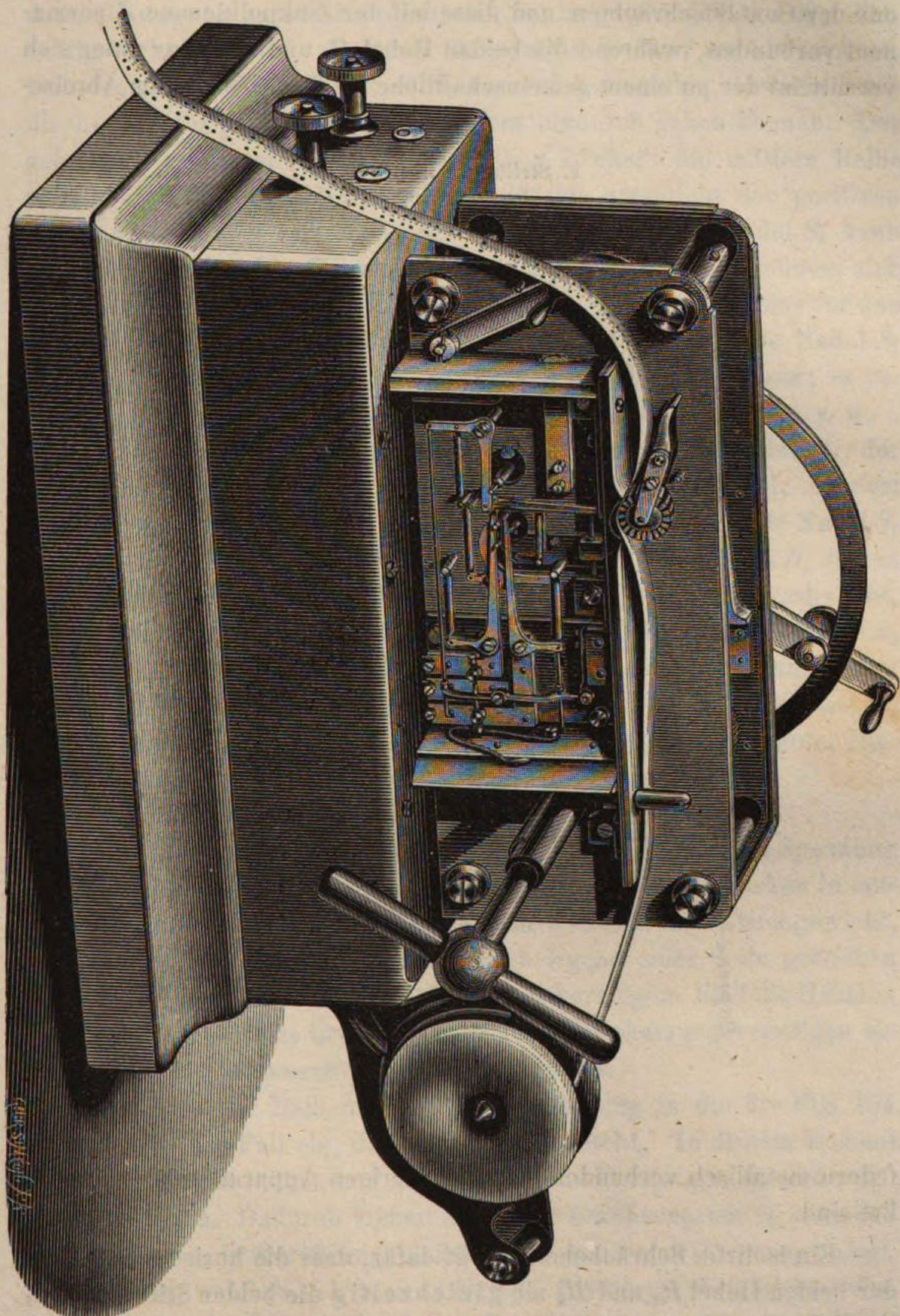
rates dar. Derselbe wird in Bewegung gesetzt durch ein Laufwerk, das durch ein Gewicht getrieben wird. Der Griff rechts zeigt den Schlüssel desselben. Innerhalb der beiden Wangen des Gestells befindet sich das Räderwerk, welches den aussen vorn sichtbaren Theil in Bewegung setzt und den eigentlichen Telegraphir-Apparat bildet. Ueber dem Apparate ragt ein Reifen mit einer Kurbel hervor, welche dazu dient die Geschwindigkeit des Laufwerks zu regeln. Die in der Figur sichtbare Stellung dieser Kurbel ist die, welche sie bei dem Minimum der Geschwindigkeit hat. Der Kasten, welcher das Laufwerk enthält, ist oben und links offen gezeichnet, während er gewöhnlich durch zwei starke Glasplatten geschlossen ist, um den Staub abzuhalten. Ebenso befinden sich die vorderen Theile gewöhnlich unter Glasverschluss. Rechts ist die gelochte Papierrolle, welche durch das Rädchen über den beiden Stiften das Papier führt. Wir sehen auf demselben die drei Reihen der eben erwähnten Löcher. Die Wangen, wie der Kasten vor denselben, welcher die Hebel umschliesst sind aus Messing, während die Hebel und anderen Theile, welche die wesentlichsten sind, aus Stahl bestehen.

Es würde nicht ausreichen, diese einzelnen Theile, besonders aber ihre Verrichtungen zu beschreiben. Um den Gang des Apparates zu verstehen, muss man ihn selbst im Gange sehen. Diese Veranschaulichung des Ganges können wir dem Leser bieten.

In äusserst gründlicher und klarer Weise ist nämlich von der Generaldirection eine Instruction für die Telegraphenbeamten hinsichtlich dieses Apparates erlassen, und dabei jede einzelne Stellung in den Hauptmomenten des Ganges abgebildet, so dass in gar keiner besseren Weise eine Einsicht in das verwickelte Zusammengreifen der einzelnen Theile zu erlangen ist, als dass wir wörtlich dieser Darstellung folgen.

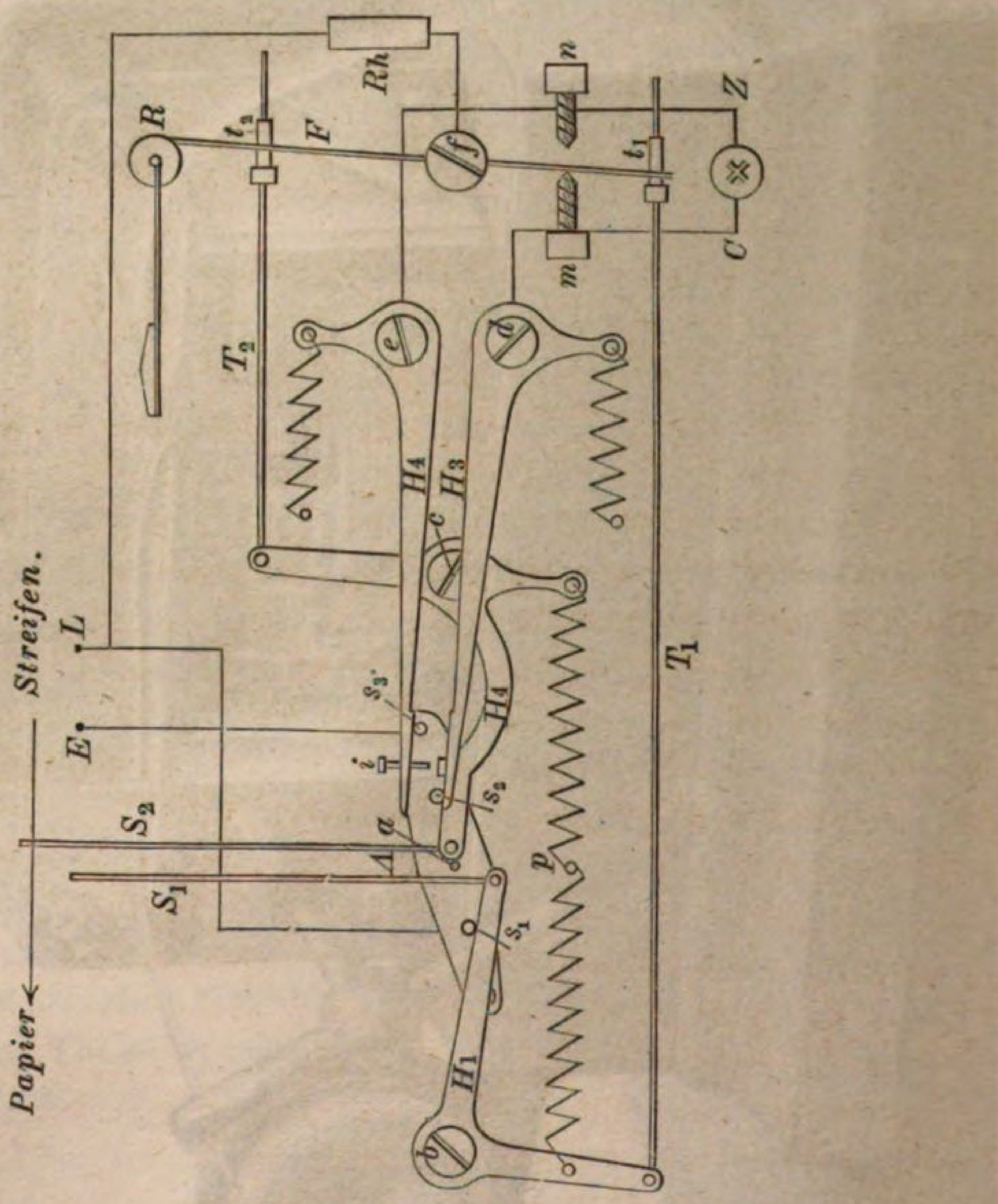
2. Die Hebelvorrichtungen am Geber. Der Balken A von isolirendem Material Fig. 290 hat eine oscillirende Bewegung um seine horizontale Axe a. Er trägt drei von einander isolirte Metallstifte s_1, s_2, s_3; daran ist s_1 mit der Leitungsklemme L, s_3 mit der Erdklemme E permanent verbunden, während s_2 isolirt ist und nur dazu dient, in gewissen Momenten durch gleichzeitige Berührung die Winkelhebel H_2 einerseits und H_3 oder H_4 andererseits mit einander in metallische Verbindung zu bringen.

Fig. 289.



Von den vier Winkelhebeln H_1, H_2, H_3, H_4 ist der Hebel H_3 mit der Contaktschraube *m* und diese mit der Kupferpolklemme *C* — dagegen H_4 mit der Contaktschraube *n* und diese mit der Zinkpolklemme *Z* permanent verbunden, während die beiden Hebel H_1 und H_2 zwar unter sich vermittelst der an einem gemeinschaftlichen Stifte *p* befestigten Abreiss-

1. Stellung. Fig. 290.



federn metallisch verbunden, von den übrigen Apparattheilen aber isolirt sind.

Ein isolirtes Schräubchen *i* sorgt dafür, dass die horizontalen Arme der beiden Hebel H_3 und H_4 nie gleichzeitig die beiden Stifte s_2 und s_3 berühren, folglich nie gleichzeitig mit einander oder mit dem Hebel H_2 metallisch in Verbindung treten können.

Die horizontalen Arme der Hebel H_1 und H_2 legen sich in Folge der Wirkung ihrer Abreissfedern stets an die Stifte s_1 und s_2 und folgen deren Bewegung aufwärts und abwärts, so lange sie nicht daran anderweitig verhindert sind. An ihren Endpunkten drehbar um kleine Axen, befinden sich die Nadeln S_1 und S_2 von solcher Stärke, dass sie durch die Löcher des gelochten Papierstreifens hindurch gehen können. Der gelochte Papierstreifen zeigt drei Reihen Löcher: die mittlere Reihe enthält die Führungslöcher, die Reihe rechts entspricht den positiven Strömen, die Reihe links den negativen Strömen. Die Nadel S_1 kann nur durch die Löcher für den positiven Strom passiren. Befindet sich neben dem Führungsloch je ein Loch für den positiven und eins für den negativen Strom, so kann sowohl die Nadel S_2 als auch die Nadel S_1 der oscillirenden Bewegung des Balkens A ungehindert folgen; es bewegt sich daher zuerst S_2 aufwärts und S_1 abwärts, Fig. 290 u. s. w.

Befindet sich jedoch in dem Moment, wo die Nadel S_1 der Bewegung des Balkens A folgend, nach oben gehen will, in dem Papierstreifen kein Loch für den negativen Strom, so kann die Nadel S_1 nicht weiter in die Höhe gehen, es bleibt also auch der Hebel H_1 stehen und tritt ausser Berührung mit s_1, wie dies in Fig. 294 dargestellt ist. Fehlt ein Loch für den positiven Strom, so macht wiederum die Nadel S_2 nur den halben Weg, und mit ihr der Hebel H_2, der dann ausser Berührung mit s_2 tritt (Fig. 295). Dagegen machen die Hebel H_3 und H_4 regelmässig die Bewegung des Balkens A mit, weil sie sich unter Einfluss der Abreissfedern dauernd an die Stifte s_2 oder s_3 legen.

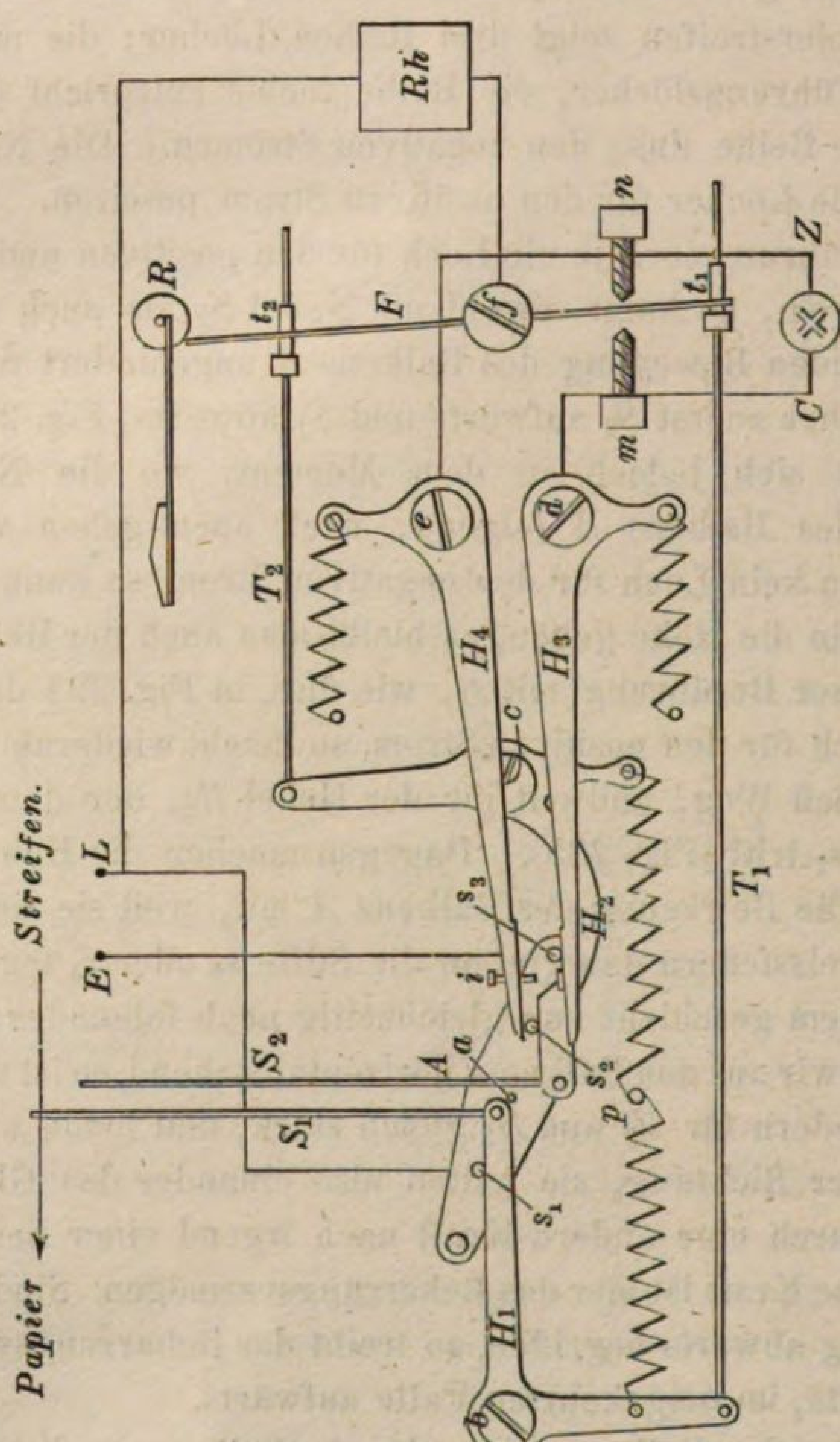
Ausserdem geschieht nun gleichzeitig noch folgendes:

Denken wir uns den Balken A horizontal stehend, so ist die Spannung der Abreissfedern für H_3 und H_4 gleich stark, und beide wirken in entgegengesetzter Richtung, sie halten also einander das Gleichgewicht, bis beide durch eine andere Kraft nach irgend einer Seite getrieben werden. Diese Kraft ist hier das Beharrungsvermögen. Sind die Hebel in der Bewegung abwärts begriffen, so treibt das Beharrungsvermögen sie weiter abwärts, im umgekehrten Falle aufwärts.

Geht also der Balken A aus der 1. Stellung in die 2te Fig. 291 über, so tritt der Fall ein, dass er horizontal steht. In diesem Moment trifft aber das Schräubchen i an H_4 auf H_3 und muss nun H_3 mehr abwärts drücken. Dadurch kommt H_3 ausser Berührung mit s_2, während H_4 noch mit s_3 in Berührung bleibt. Erst wenn sich H_4 an s_2 anlegt, verlässt er s_3, welches sich dann an H_3 legt. Die umgekehrte Reihenfolge der Berührungen findet statt, wenn der Balken A von der 2. Stellung in die erste übergeht.

Der bereits erwähnte Winkelhebel H_1 trägt am Ende seines horizontalen Armes die Nadel S_1, an dem vertikal nach unten stehenden Arme dagegen ist die Nadel T_1 befestigt. In gleicher Weise hat der

2. Stellung. Fig. 291.



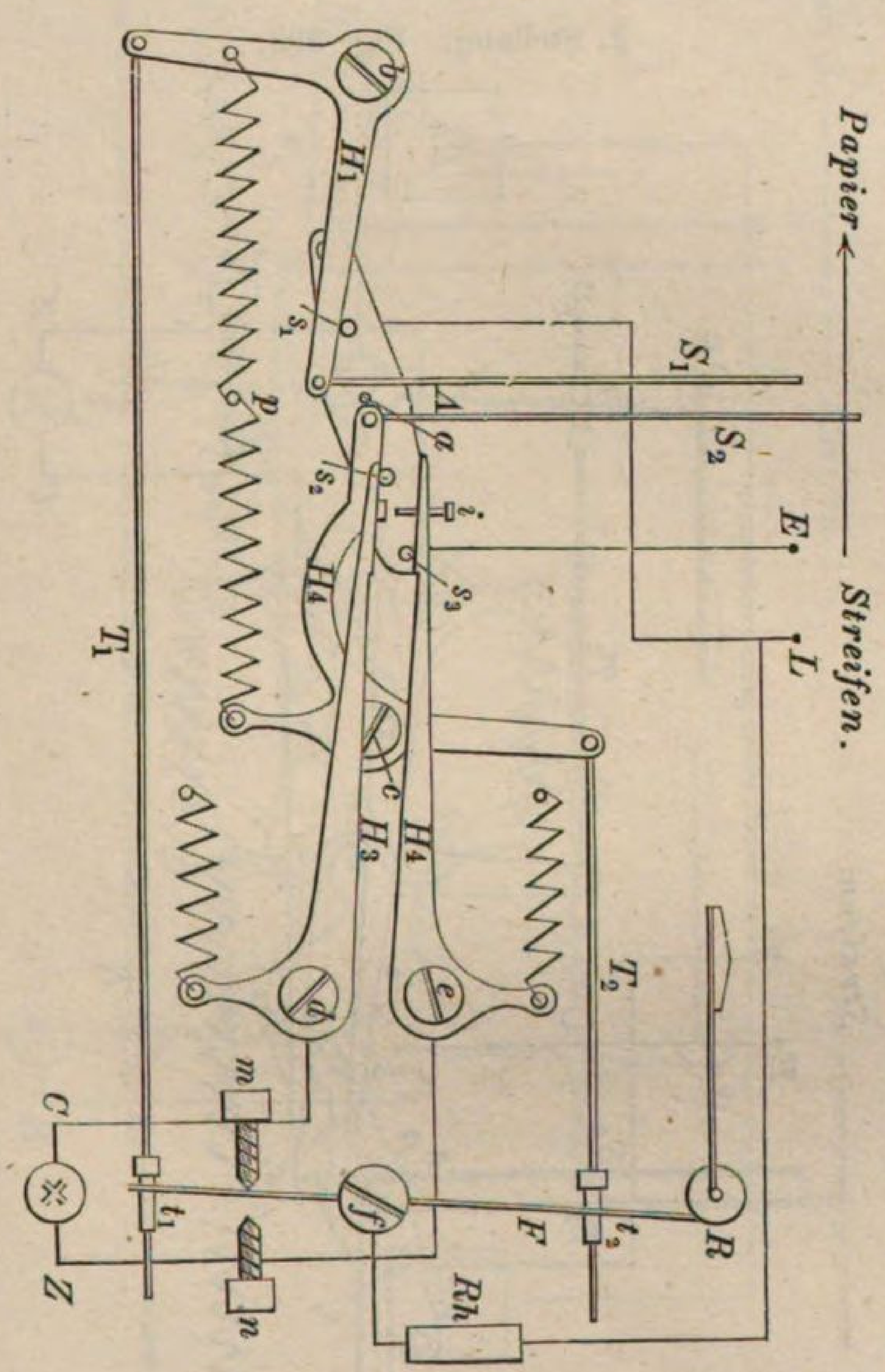
Hebel H_2 an seinem vertikal nach oben stehenden Arme die Nadel T_2. Beide Nadeln wirken auf den Contakthebel F, der um die Axe f drehbar ist und schieben denselben hin und her, abwechselnd an den Contakt m oder n. Beide Nadeln bringen den Hebel F immer erst in Bewegung, wenn der betreffende Hebel H_1 oder H_2 bereits die Hälfte seines Weges zurückgelegt hat.

3. Der Stromlauf des Gebers. In Folge dieser Bewegungen ergiebt sich folgender Stromlauf in den einzelnen Momenten:

a. Wenn ein Punkt zu telegraphiren ist. 1. und 2. Stellung.

1. Moment: (Darunter ist für alle Fälle die Stellung verstanden, in

1. Stellung. Fig. 292.

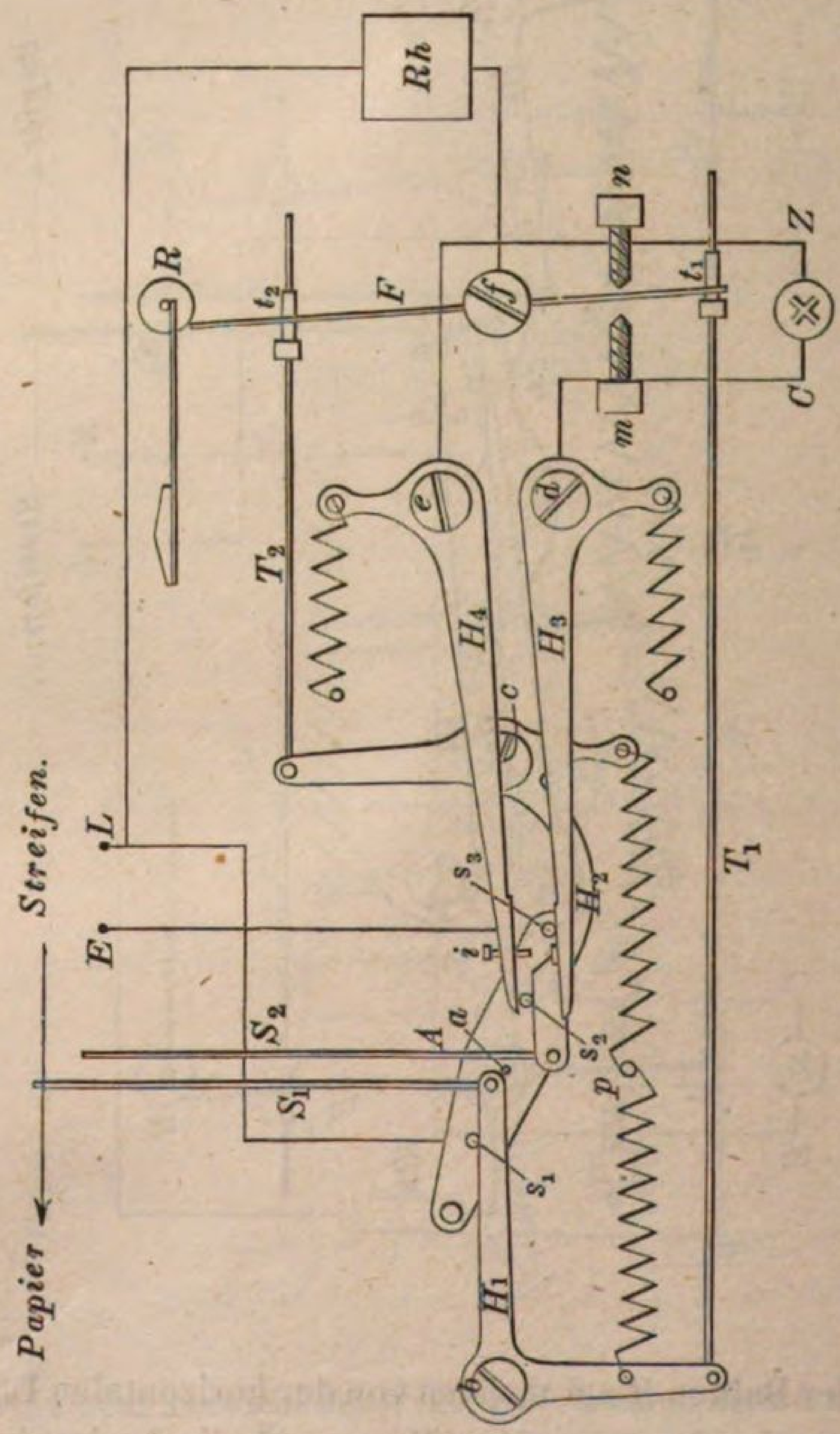


der der Balken A am meisten von der horizontalen Lage abweicht, wogegen unter „zweites Moment" die horizontale Lage verstanden ist, in der H_1 stets s_1 und H_2 s_2 berührt). Es stehen unter einander in leitender Verbindung, die Leitung zur Erde E mit dem Stift s_3 dem Hebel H_4, dem Zapfen e, dem Contakt n und dem Zinkpol Z der Batterie. Von der Batterie geht dagegen vom

Kupferpol C aus der positive Strom nach m, dem Zapfen d, dem Hebel H_3, dem Stifte s_2, dem Hebel H_2, dem Stifte p, dem Hebel *1*, dem Stifte s_1, welcher in die Leitung führt.

2. Moment: Es ist verbunden Erde E mit s_3 H_4 s_2 H_2 p H_1 s_1 L, also die Leitung direkt mit der Erde. Doch dies findet nur einen kurzen Moment statt, dann beginnt der aufwärts gehende H_1 die

2. Stellung. Fig. 293.

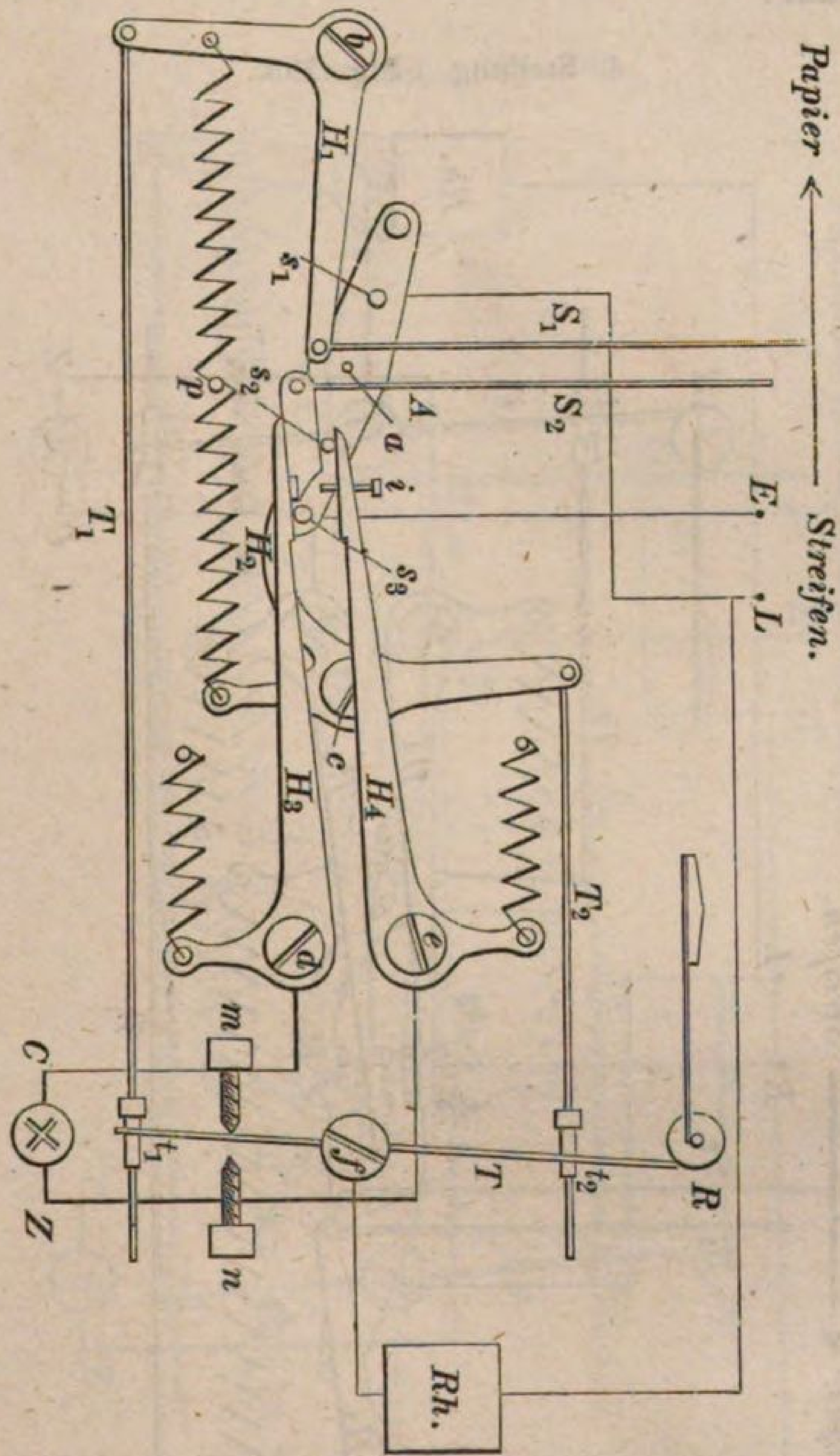


zweite Hälfte seines Weges, er entfernt den Hebel F von m und wirft ihn an n. Nun ist der Stromlauf folgender:

1. Moment: Vom Kupferpol C nach m, d, H_3, s_3 E. Vom Zinkpol Z

nach n, e, H_4, s_2, H_2, p, H_1 s_1 L. Es geht also ein negativer Strom direkt in die Leitung.

3. Stellung. Fig. 294.



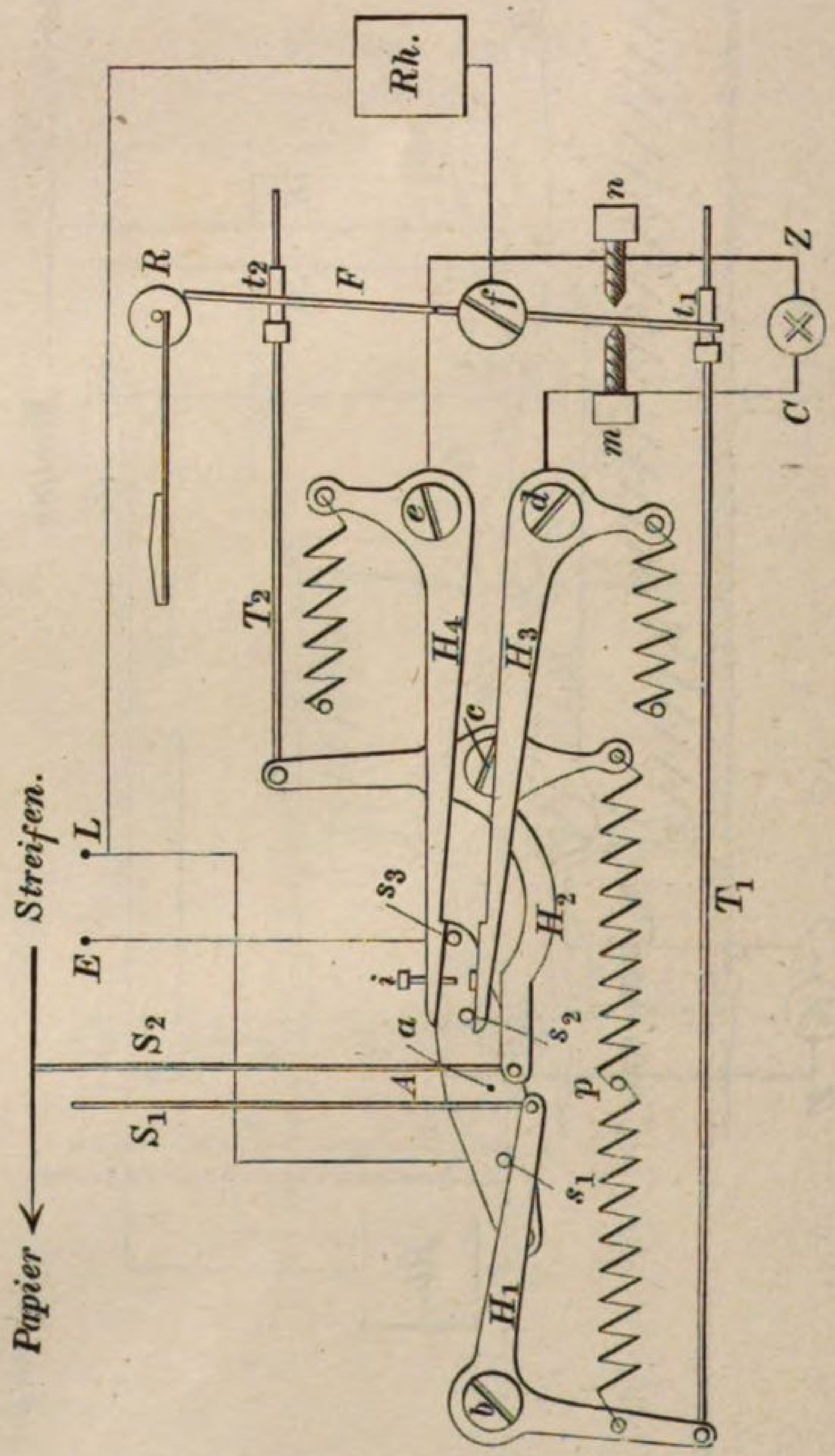
2. Moment: L, s_1, H_1 p, H_2, s_2, H_3, s_3 E. Hier ist wiederum die Leitung direkt mit der Erde auf einen Augenblick verbunden.

b. Wenn ein Strich zu telegraphiren ist.

Wie oben, d. h. es geht ein positiver Strom in die Leitung, dann Leitung mit Erde, dann

1. Moment: L, Rh, f, F, m, d, H_3, s_3, E. Also ist die Leitung über den Rheostaten mit der Erde verbunden.
2. Moment: L, s_1, H_1, p, H_2, s_2, H_3, s_3, E. Die Leitung steht einen kurzen Moment mit der Erde direkt in Verbindung, dann folgender Stromlauf:

4. Stellung. Fig. 295.

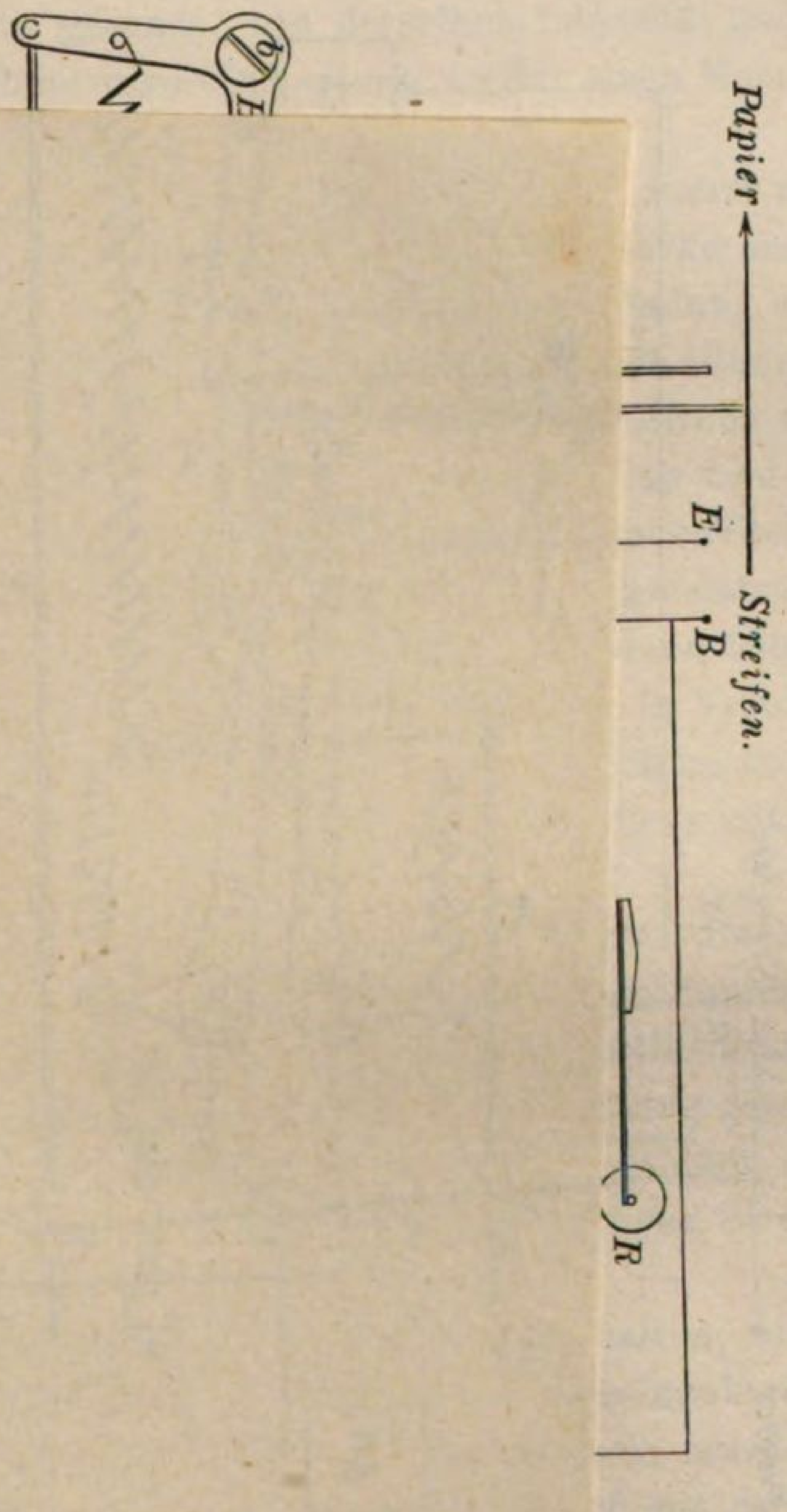


1. Moment: Von der Batterie über den Zinkpol Z, n, e, H_4, s_3 und E; und von der Batterie über den Kupferpol C, m, F, f, Rh, L, d. h. es geht ein positiver Strom über den Rheostaten in die Leitung.
2. Moment: L, s, H_1, p, H_2, s_2, H_4, s_3, E; d. h. die Leitung ist direkt mit der Erde, jedoch nur einen kurzen Moment verbunden, dann

zweite Stellung wie oben, d. h. es geht ein negativer Strom direkt in die Leitung, und dann wird diese direkt mit der Erde einen kurzen Moment verbunden.

c. Pause zwischen zwei Buchstaben oder Worten.

5. Stellung. Fig. 296.

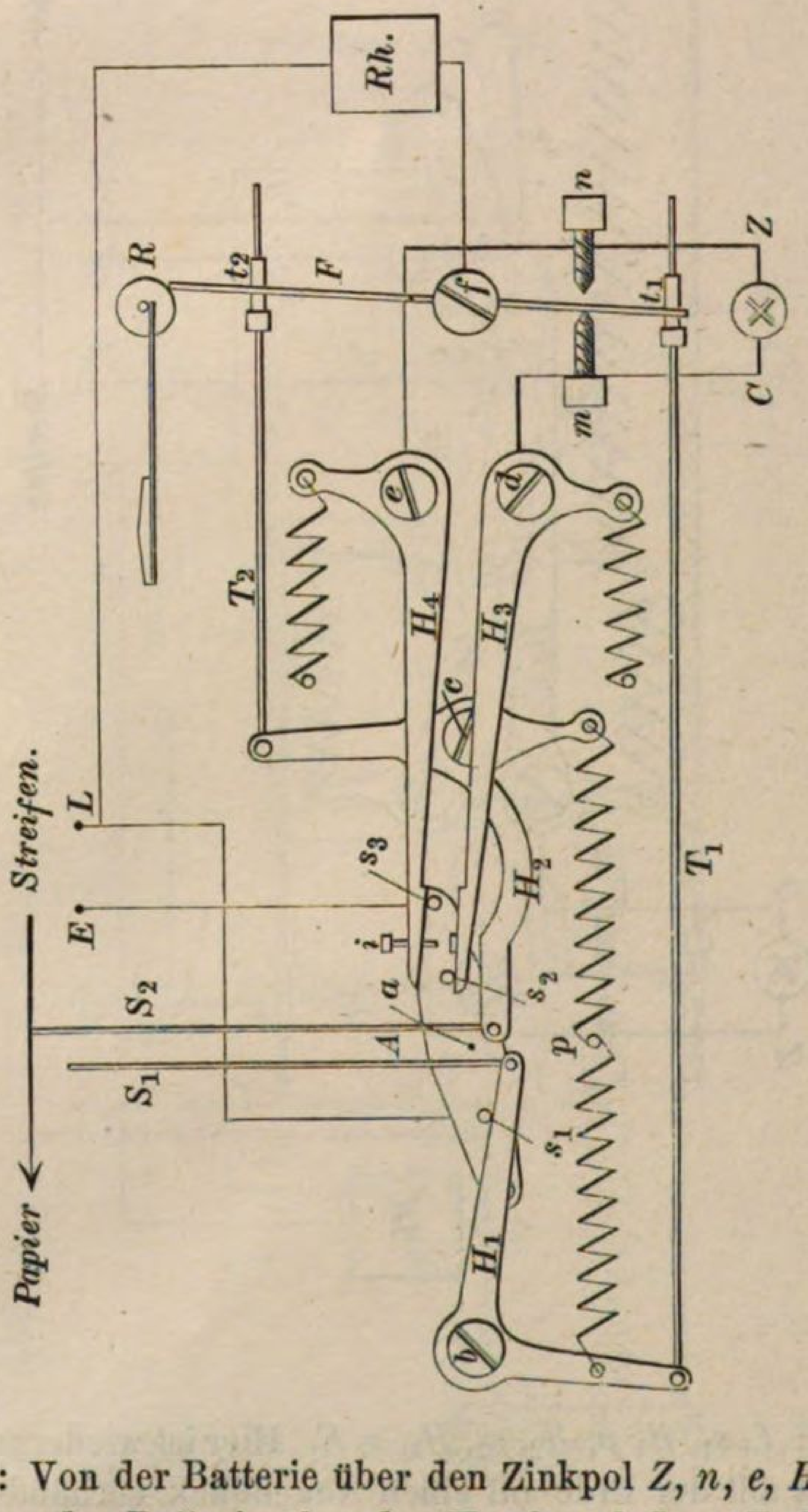


er Strom kommt aus der
e.

. die Leitung ist — aber
de verbunden, dann

1. Moment: *L*, *Rh*, *f*, *F*, *m*, *d*, H_3, s_3, *E*. Also ist die Leitung über den Rheostaten mit der Erde verbunden.
2. Moment: *L*, s_1, H_1, *p*, H_2, s_2, H_3, s_3, *E*. Die Leitung steht einen kurzen Moment mit der Erde direkt in Verbindung, dann folgender Stromlauf:

4. Stellung. Fig. 295.

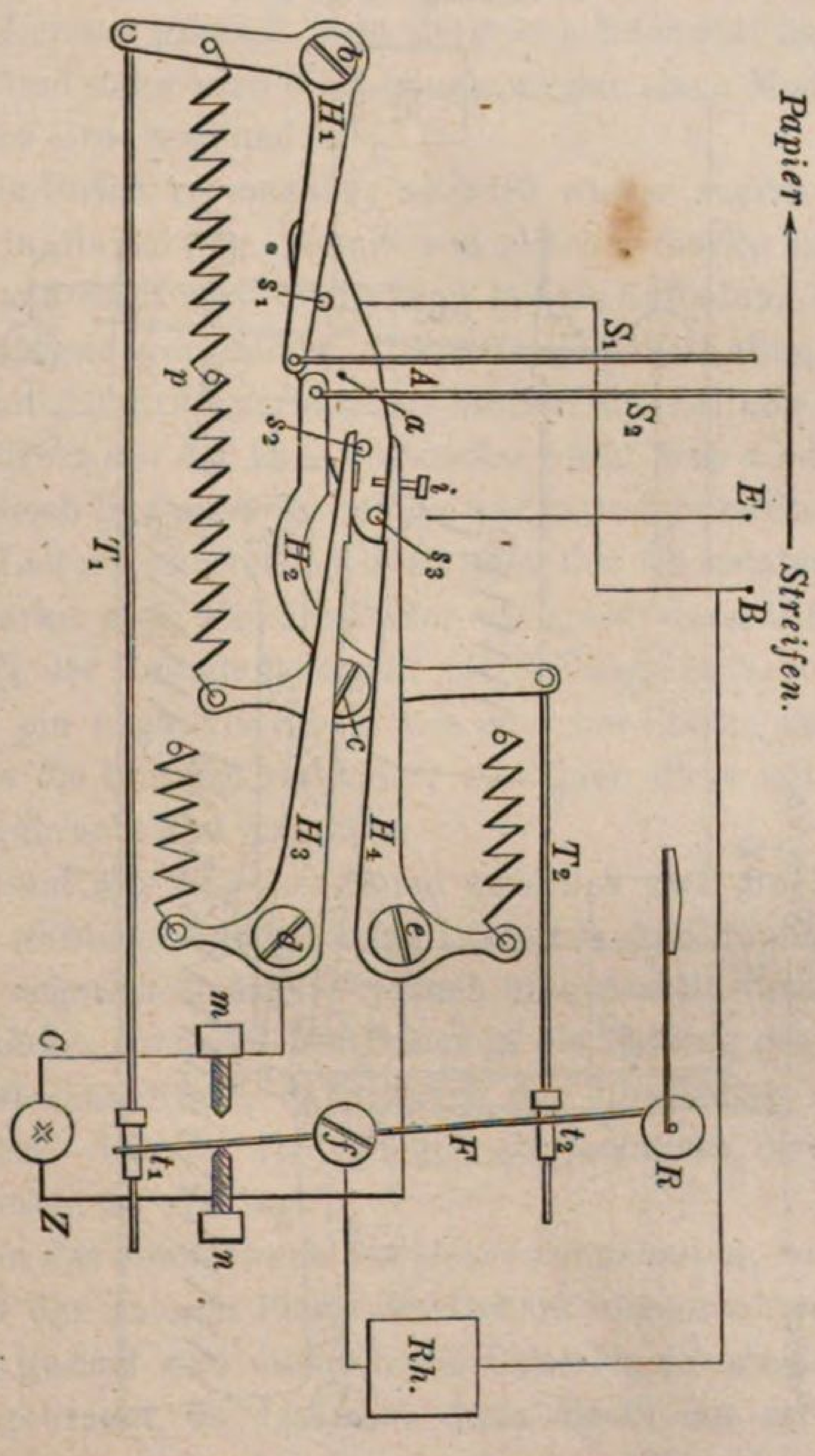


1. Moment: Von der Batterie über den Zinkpol *Z*, *n*, *e*, H_4, s_3 und *E*; und von der Batterie über den Kupferpol *C*, *m*, *F*, *f*, *Rh*, *L*, d. h. es geht ein positiver Strom über den Rheostaten in die Leitung.
2. Moment: *L*, *s*, H_1, *p*, H_2, s_2, H_4, s_3, *E*; d. h. die Leitung ist direkt mit der Erde, jedoch nur einen kurzen Moment verbunden, dann

zweite Stellung wie oben, d. h. es geht ein negativer Strom direkt in die Leitung, und dann wird diese direkt mit der Erde einen kurzen Moment verbunden.

c. Pause zwischen zwei Buchstaben oder Worten.

5. Stellung. Fig. 296.



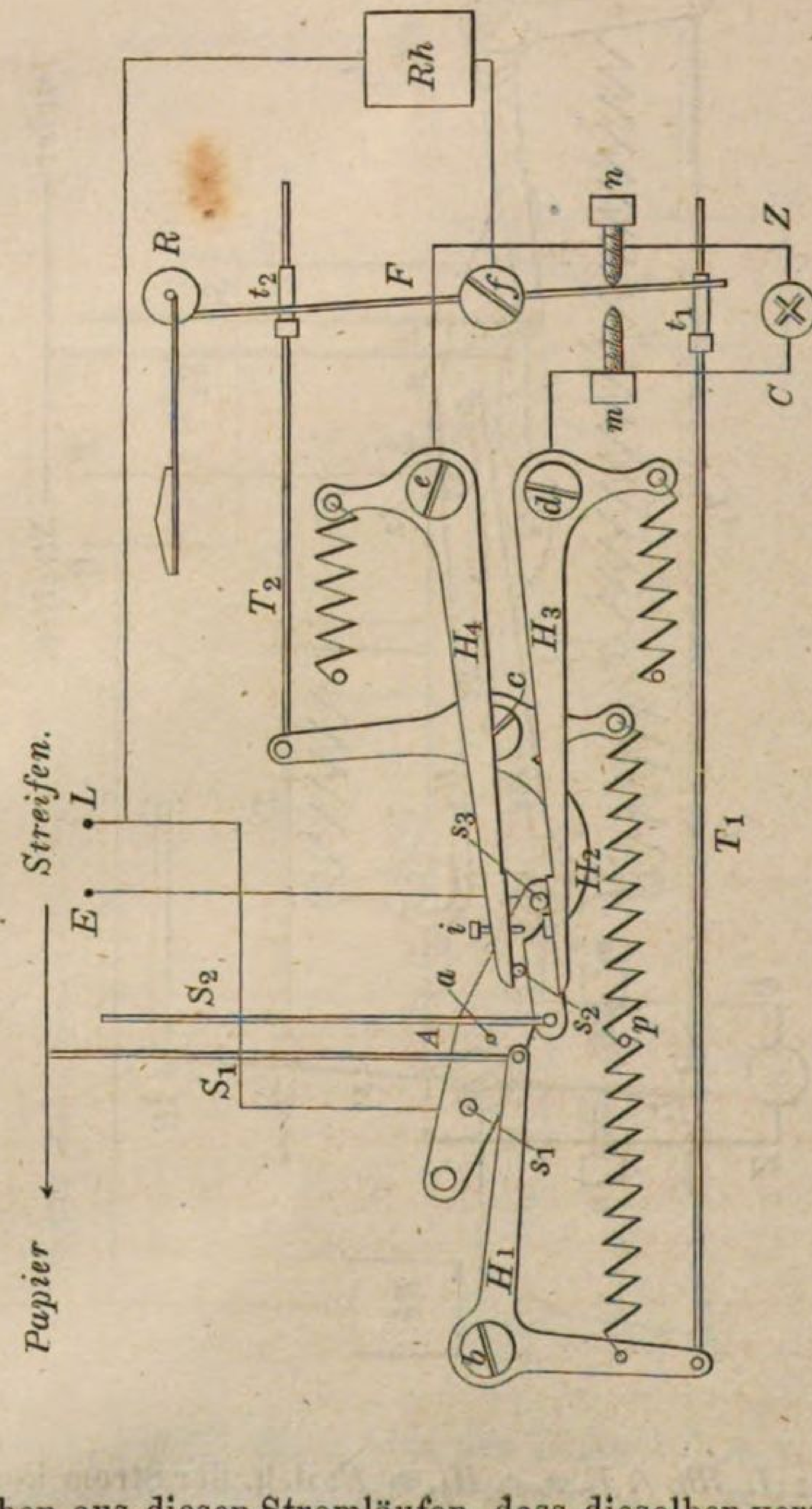
1. Moment: $L, Rh, f, F, n, e, H_4, s_3\ E$; d. h. der Strom kommt aus der Leitung über den Rheostaten in die Erde.

2. Moment: $L, s_1, H_1, p, H_2, s_2, H_4, s_3, E$; d. h. die Leitung ist — aber nur einen kurzen Moment — mit der Erde verbunden, dann

1. Moment: Von der Batterie geht über den Kupferpol C der Strom über m, H_3, s_3 zur Erde E und über den Zinkpol Z ein negativer Strom über n, F, f, den Rheostaten Rh in die Leitung.

2. Moment: L, s_1, H_1, p, H_2, s_2, H_3, s_3, E, d. h. die Leitung ist — aber nur einen kurzen Moment — direkt mit der Erde verbunden.

6. Stellung. Fig. 297.



Wir sehen aus diesen Stromläufen, dass dieselben verschieden sind, je nachdem ein Punkt, ein Strich oder eine Pause zu machen ist. Hieraus erkennt man, dass eben diese drei Fälle dadurch herbeigeführt werden, dass die sich gleichmässig auf- und abbewegenden Stifte S_1 und S_2 ein

Loch in dem vorbeigehenden Papier treffen oder nicht, dass also eben das gelochte Papier die Schrift auf der folgenden Station herstellt.

Statt der angegebenen Stromwege heisst also der Vorgang in Worte ausgedrückt:

1. Ist ein Punkt zu machen, so wird zuerst ein positiver Strom in die Leitung gesandt, diese dann einen kurzen Moment Behufs Entladung der Leitung direkt mit der Erde verbunden. Darauf wird ein negativer Strom in die Leitung gesandt, von derselben Intensität und Dauer wie der positive, und dann wird die Leitung wieder einen Moment zur Entladung mit der Erde verbunden.

2. Ist ein Strich zu machen, so wird wieder zuerst ein positiver Strom direkt in die Leitung gesandt von gleicher Stärke und Dauer wie beim Punkt, und dann wird die Leitung Behufs Entladung einen Augenblick mit der Erde verbunden. Darauf wird die Leitung durch den Rheostaten mit der Erde verbunden, worauf die Leitung wieder einen Augenblick direkt mit der Erde verbunden wird. Nun wird ein positiver Strom — obgleich im Papierstreifen an der betreffenden Stelle kein Loch ist — in die Leitung entsandt, jedoch über den Rheostaten, daher von geringerer Stärke, aber gleicher Dauer wie sonst; dann tritt die Leitung wieder Behufs der Entladung direkt mit der Erde in Verbindung, und endlich wird ein negativer Strom von gleicher Stärke und Dauer wie gewöhnlich in die Leitung geschickt, und dann diese mit der Erde in Verbindung gebracht und entladen.

3. Während der Zwischenräume zwischen zwei Buchstaben oder zwei Worten werden, obgleich keine Löcher in dem Papierstreifen vorhanden sind, negative Ströme — jedoch über den Rheostaten, also von geringerer Stärke, aber gleicher Dauer in die Leitung geschickt, diese dann einen Moment direkt, dann durch den Rheostaten, dann wieder direkt entladen. Darauf wird wieder ein negativer Strom über den Rheostaten geschickt u. s. w.

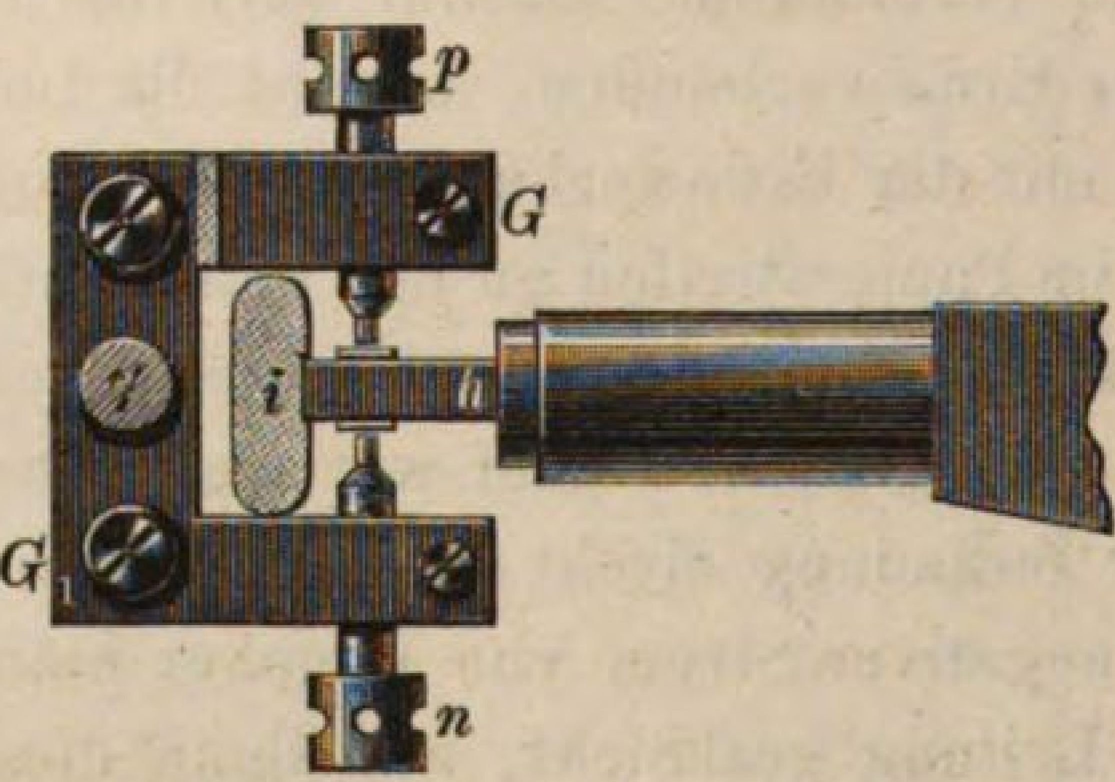
Wird nun das Läuferwerk des Gebers angehalten, so wird gleichzeitig ein auf der unteren Platte des Gebers angebrachter Umschalter in Bewegung gesetzt und dadurch die Batteriepole mit dem Taster in Verbindung gebracht, so dass man dann direkt mit der bisher telegraphirenden Station sprechen kann.

4. **Der Taster von Maron.** Wir haben vorn gesehen, dass der Strom, welcher zur Entladung in die Linie geschickt wurde, zuweilen direkt, zuweilen aber über den Rheostaten seinen Weg nahm. Dies liegt darin, dass die Ströme, welche in die Leitung gehen, für einen Punkt

von kürzerer Dauer sind als für einen Strich. Es erzeugt nämlich ein Strom von längerer Dauer eine grössere Ladung als einer von kürzerer. Da nun das Entsenden eines solchen Stromes zur Entladung, der auch hinsichtlich seiner Dauer genau entsprechend wäre, den Apparat noch verwickelter machen würde, so hat man dem dadurch abzuhelfen gesucht, dass der Strom zuweilen direkt, zuweilen über den Rheostaten, also schwächer in die Leitung gesandt wird.

Der nachfolgende Schlüssel ist für solche gleiche Ströme eingerichtet, welche für die Schriftzeichen positiv und für die Entladung negativ sind. Seine Einrichtung ist sehr einfach.

Fig. 298.

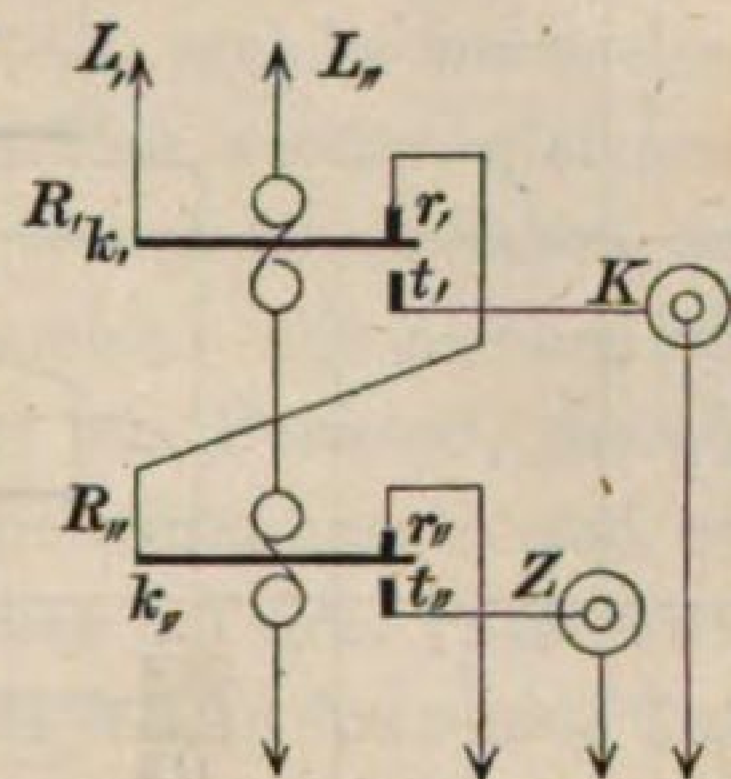


Ein gewöhnlicher Taster, welcher an seinem hinteren Ende eine Spiralfeder hat, die ihn auf den Ruhecontakt niederzieht, trägt an diesem Ende eine Verlängerung *h*, welche leitend ist, wie dies die Fig. 298 zeigt. Die Verlängerung wird von einer Gabel $G G_1$ umfasst, die um ihre Axe γ mit einiger Reibung drehbar ist. Das hintere Ende des Schlüsselhebels *h* trägt ein an den Enden abgerundetes Querstück *i* von Elfenbein, welches zwischen den Armen der Gabel einen sehr geringen Spielraum hat. Jeder Arm der Gabel trägt eine Contaktschraube *p* und *n*, während die beiden Arme von einander isolirt sind. In der Ruhelage berührt *i* den unteren Gabelarm und dann ist der Hebel *h* ausser leitender Verbindung mit *p* und *n*. Wird nun der Tasterhebel vorn niedergedrückt, so geht *h* hinten in die Höhe, und es kommt *p* zunächst mit ihm in leitende Verbindung, und nun sendet die Kupferbatterie, welche nach dem Arm *G* geleitet ist, einen positiven Strom in die Leitung. Bei fortgesetzter Aufwärtsbewegung hebt das Elfenbeinstück *i* den Gabelarm noch höher, und derselbe kommt wieder ausser leitender Verbindung mit *h*. Beim Ab-

wärtsgehen geschieht dasselbe mit *n* und dem Gabelarm G_1, der mit der Zinkbatterie verbunden ist. Der präcise Gang dieser Gabel lässt sich durch Stellung der Contaktschrauben bewirken. So werden abwechselnd positive und negative Ströme in die Leitung gesandt.

5. Die Uebertragung mittelst dieses Tasters. Sollen nun die mittelst dieses Tasters gegebenen Zeichen übertragen werden, so lässt sich dies in der Weise herstellen, wie es die Fig. 299 schematisch

Fig. 299.

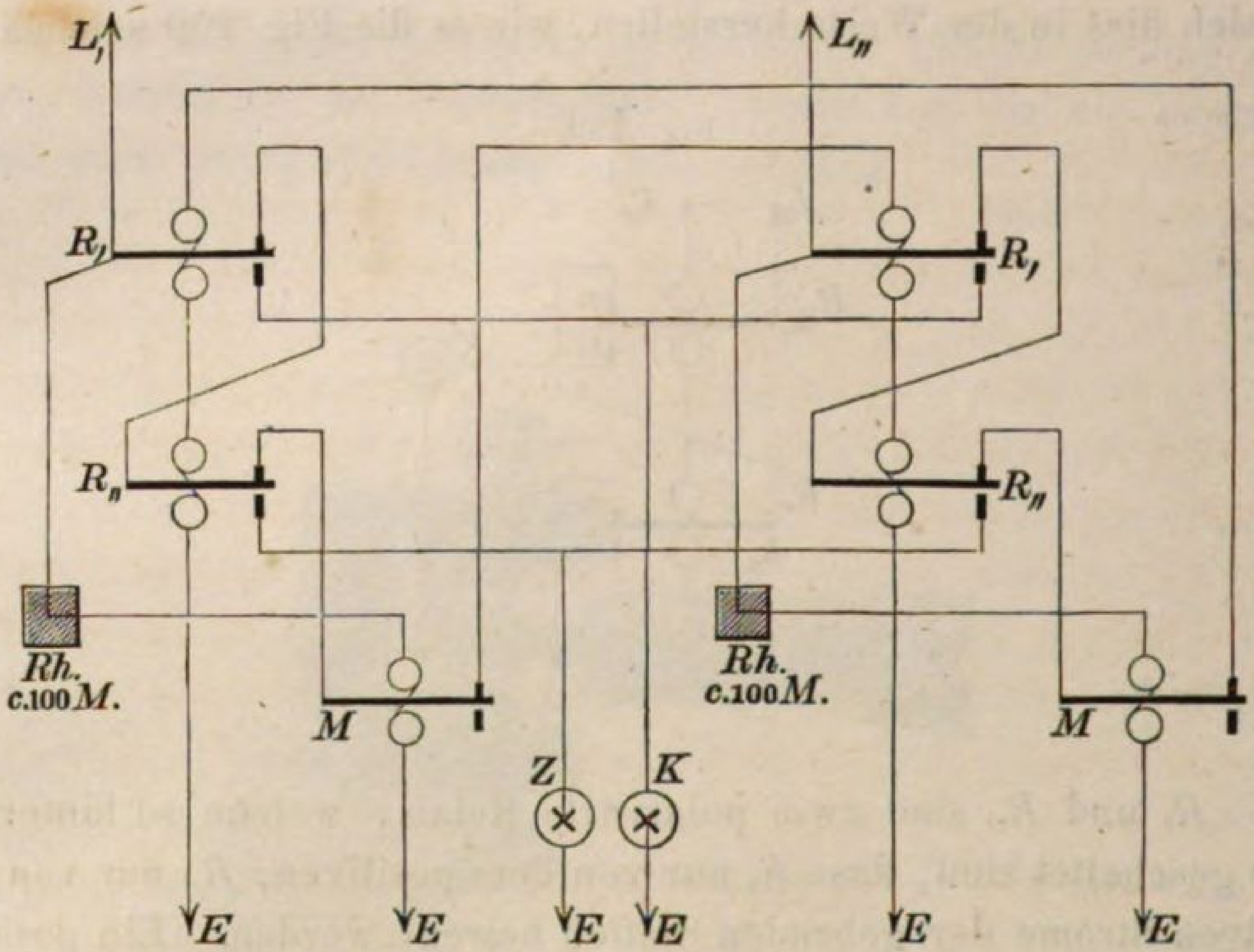


zeigt. *R,* und *R,,* sind zwei polarisirte Relais, welche so hinter einander geschaltet sind, dass *R,* nur von dem positiven, *R,,* nur von dem negativen Strome der gebenden Station bewegt werden. Ein positiver Strom von einfacher Dauer in der Leitung *L,,* führt also den Ankerhebel des *R,* von dem Ruhecontakt *r,* nach dem Batteriecontakt *t,*. Dadurch ist *L,* mit der Kupferbatterie verbunden, es geht also ein positiver Strom durch diese Linie, bis der Hebel wieder nach *r,* zurückkehrt. Ein negativer Strom bewirkt dasselbe mit *R,,*, es geht dann ein negativer Strom von *Z* nach *L,*, wie aus der Figur zu ersehen ist. Kommen durch *L,,* abwechselnd positive und negative Ströme, so bewegen sich die Ankerhebel von *R,* und *R,,* gleichzeitig, aber in entgegengesetzter Richtung, so dass immer der eine Hebel an *r* liegt, wenn der andere sich an *t* befindet.

Die Fig. 300 stellt nun den vollständigen Stromlauf auf einer Uebertragungsstation schematisch dar, welche Einrichtung nach dem Gesagten von selbst klar ist. Die zum Mitlesen eingeschalteten Morseapparate sind polarisirte Farbschreiber. Sie sind in die Zweigleitung mit Rheostaten eingeschaltet, deren Widerstand wenigstens gleich dem der Linie ist. Ihr Anker bleibt so lange am Telegraphircontakt liegen, bis ein Strom von entgegengesetzter Richtung ihn an den Ruhecontakt zurück-

führt und umgekehrt. Dadurch wird nach jedem positiven Strome die Verbindung mit der Leitung, in die derselbe geschickt wurde, und mit der Erde aufgehoben, und so ein Rückströmen der Ladung verhindert, was sonst leicht eine Unterbrechung der Leitung nach der gebenden Station bewirken könnte.

Fig. 300.



§ 4.

Der Telegraph von Jaite.

Wir haben vorn bei dem Vergleiche des Telegraphen von Morse und Hughes gesehen, dass jeder derselben Vorzüge besitzt, die dem anderen abgehen. Jaite hat es sich zur Aufgabe gestellt, einen neuen Telegraphen herzustellen, der die Vorzüge beider ohne ihre Mängel in sich vereinigt, er ist bemüht gewesen die Einfachheit des Morse bei der Geschwindigkeit des Hughes zu erhalten, ohne dabei den Synchronismus nöthig zu haben, der das Arbeiten mit dem Apparate von Hughes so sehr erschwert.

Es ist leicht einzusehen, dass es nicht möglich ist, so schnell abzuurtheilen, wie weit dieses wichtige Ziel erreicht ist, da dies auch eine längere Erfahrung erfordert. Jedenfalls aber ist das ein Factum, dass das Correspondiren mehrerer solcher Apparate nicht Synchronismus in ihrem Gange nöthig macht.

Wenn nun der so sehr schwer herzustellende synchrone Gang der correspondirenden Apparate zweifellos vermieden ist, so ist wohl die nächste Frage, wie es hinsichtlich der Einfachheit stehe, da ein Blick auf den Apparat (Fig. 301) zunächst nicht den Eindruck zu grosser Einfachheit hervorruft. Wir müssen das Urtheil darüber dem Leser überlassen, nachdem er die einzelnen Theile kennen gelernt hat, wollen aber doch sogleich hervorheben, dass die Complicirtheit nicht so gross ist, wie sie auf den ersten Blick erscheint. Bei etwas genauerer Betrachtung muss die Symmetrie der Theile ins Auge fallen, aus der hervorgeht, dass dieser Telegraph ein Doppelapparat ist, dass er aus zwei einfachen Apparaten besteht, welche wechselseitig wirken.

Dieses Ineinandergreifen zweier gleicher Apparate, die mit der Morse'schen Einrichtung Aehnlichkeit haben, wird durch die Schrift bedingt, welche Jaite anwendet. Die Zeichen dieser Schrift bestehen im Gegensatze zu Morse nur aus Punkten, die aber, wie die Zeichen bei dem Stöhrer'schen Doppelstiftapparate und auch dem Steinheil'schen Telegraphen, in zwei Reihen auf dem Papierstreifen hergestellt werden.

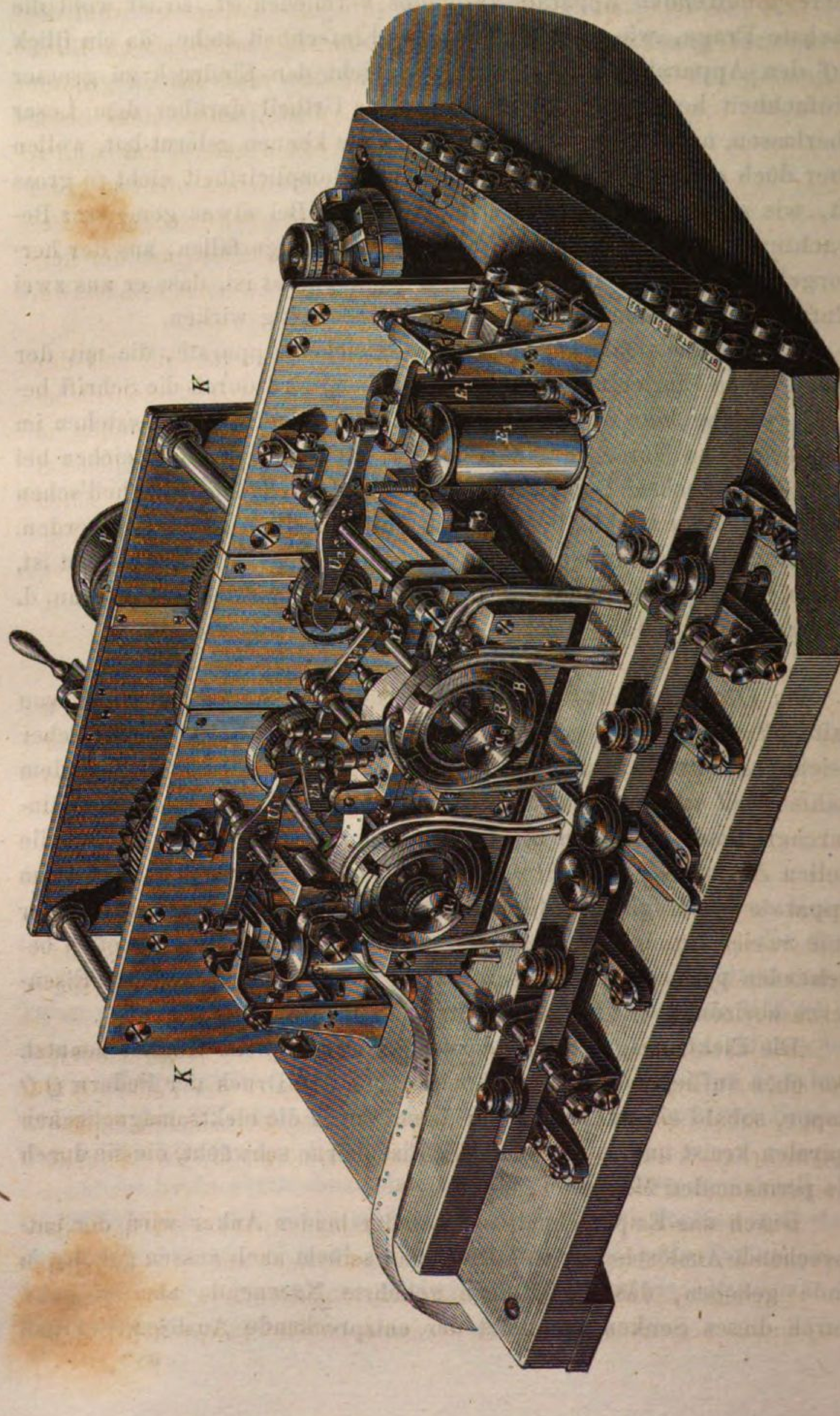
Nachdem so kurz das Wesen des neuen Telegraphen bezeichnet ist, gehen wir zur Beschreibung des eigentlichen Apparates. (Brix, Ann. d. Telegraphie I, p. 13.)

1. Der eigentliche Apparat. Der vollständige Telegraph, von Jaite „Fernschreiber" genannt, den die Fig. 301 in perspectivischer Zeichnung darstellt, trägt den eigentlichen Apparat in der Mitte auf dem Rahmen mit seinen Axen durch die vordere Wange K nach hinten hindurchgreifend. Derselbe zeigt auf beiden Seiten links und rechts die Rollen E_2 und E_1 eines Hufeisenelektromagneten, welche, wie beim Apparate von Hughes die Kerne umschliessen, die die Fortsetzung der Pole zweier Hufeisenstahlmagnete sind. Diese aus drei Lamellen bestehenden permanenten Magnete liegen unterhalb der weichen Eisenkerne horizontal unten an dem Rahmen befestigt.

Die Elektromagnete werden ebenso wie die beim Hughes benutzt. Der oben aufliegende Anker schnellt durch den Druck der Federn Q Q empor, sobald ein nur schwacher Strom durch die elektromagnetischen Spiralen kreist und so die Kraft der Eisenkerne schwächt, die sie durch die permanenten Magnete erhalten.

Durch das Emporschnellen eines der beiden Anker wird der entsprechende Auslösehebel, U_1 oder U_2, an seinem nach aussen gekehrten Ende gehoben, das nach innen gekehrte Nasenende also gesenkt. Durch dieses Senken verbindet der entsprechende Auslösehebel den

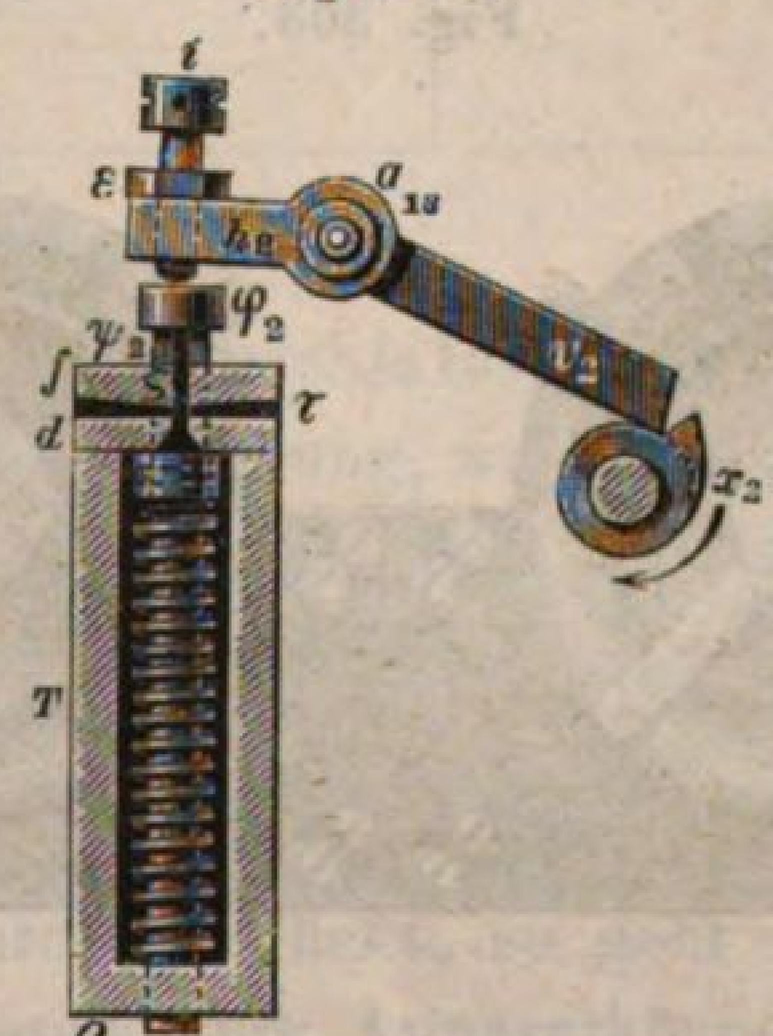
Fig. 301.



vorderen Theil der Verkupplungsaxe mit dem hinteren, welcher durch das Gangwerk in constanter Rotation erhalten wird. Nach einmaligem Rundgange der Axen a_7 und a_8 wird die Verkupplung wieder aufgehoben. Diese Umdrehung der vorderen Axen bewirkt mittelst der darauf festgelötheten Nasen x_1 und x_2 die Hebung zweier Stanzhebel v_1 und v_2, welche mittelst der Stanzvorrichtung Fig. 302 Löcher durch das unter ihnen vorbeigeführte Papierband machen.

Die Folge wird nun lehren, dass nicht gleichzeitig beide Stanzhebel thätig sein dürfen. Dies bewirkt der Erfinder dadurch, dass er den einen der Elektromagnete durch einen positiven, den andern durch einen negativen Strom schwächt, so dass derselbe Strom, der immer beide Elektromagnete umkreisen muss, den einen Hebel fester andrückt, während er den anderen loslässt. Dieser Stromwechsel wird durch das

Fig. 302.



Niederdrücken der beiden Taster T_1 und T_2 veranlasst, welche den Strom schliessen, der nur so lange andauert, als eine auf dem vorderen Theile der Axe aufgeschobene Feder auf einem gleichfalls isolirten Contactstück schleift. Während dieser nur kurzen Zeit ist der Strom in Thätigkeit und bewirkt in der beschriebenen Weise das Stanzen der Löcher. Hat die Feder das Contactstück verlassen, und so den Strom unterbrochen, so werden die Axen wieder entkuppelt, indem die Magnete wieder in Thätigkeit treten, und also die Auslösehebel in ihre Ruhelage zurückkehren.

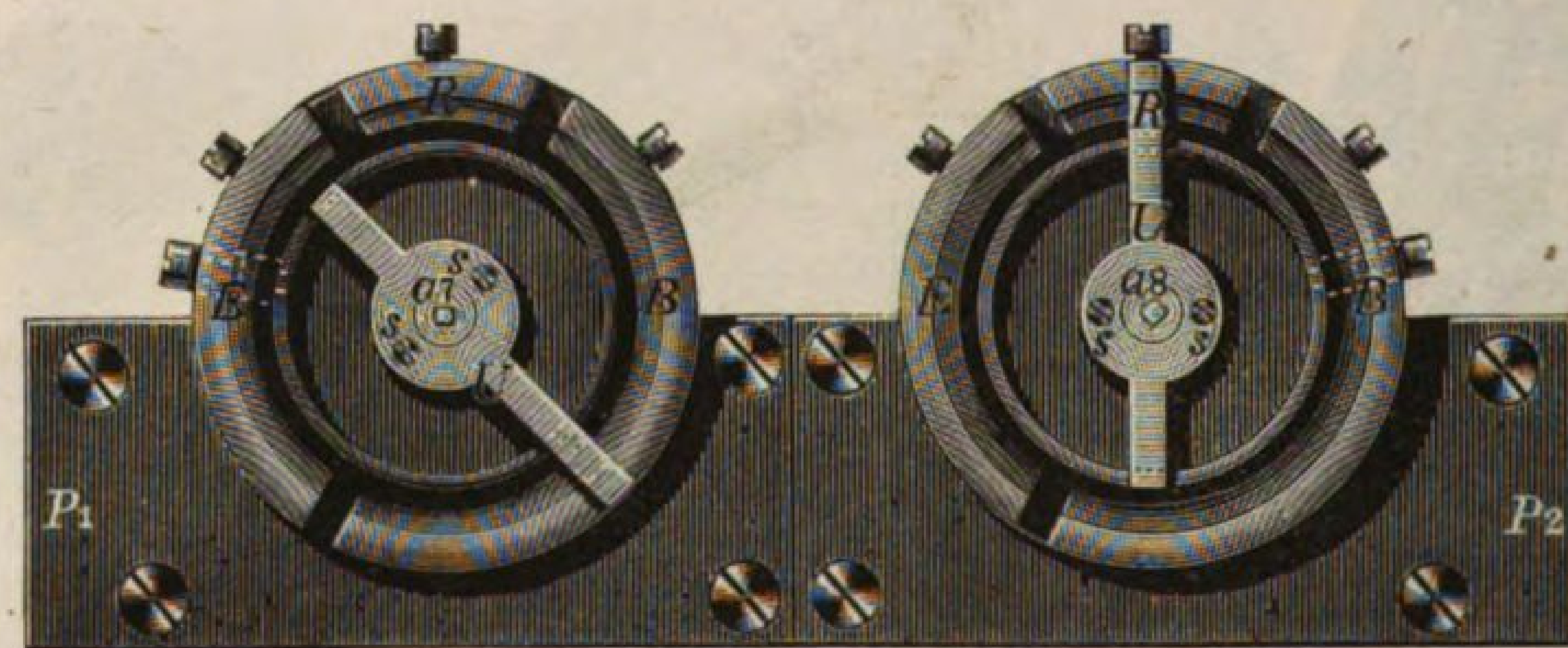
Hiermit ist die Wirksamkeit des Apparates in seinen Grundzügen gegeben.

Hinter dem eben beschriebenen eigentlichen Telegraphen-Apparate befindet sich zwischen zwei Wangen KK das Gangwerk, welches durch

ein Gewicht in Bewegung gesetzt und mittelst eines Schwungrades *S* mit Bremsvorrichtung und conischem Pendel *P* wie bei dem Apparate von Hughes regulirt wird. Hinten rechts am Apparate bemerkt man ausserdem den Stromwender, während vorn die auf den Axen isolirt aufgeschobenen, Ringe bildenden, Contactstücke *E*, *B* und *R* sich befinden auf denen an den Axen befestigte Federn schleifen, die zur Uebertragung bestimmt sind. Dieselben sind in Fig. 303 deutlicher dargestellt.

2. Der Stromlauf. Beim Drücken der Taste geht nun der eine Strom über die Contactfeder durch die beiden Elektromagnete des gebenden Apparates in die Leitung zu dem empfangenden Apparate, umkreist dort ebenfalls beide Magnetkerne und geht durch den Körper des Apparats, die Feder und den Schlüssel zur Erde, während der andere Pol der Säule auf der gebenden Station zur Erde abgeleitet ist.

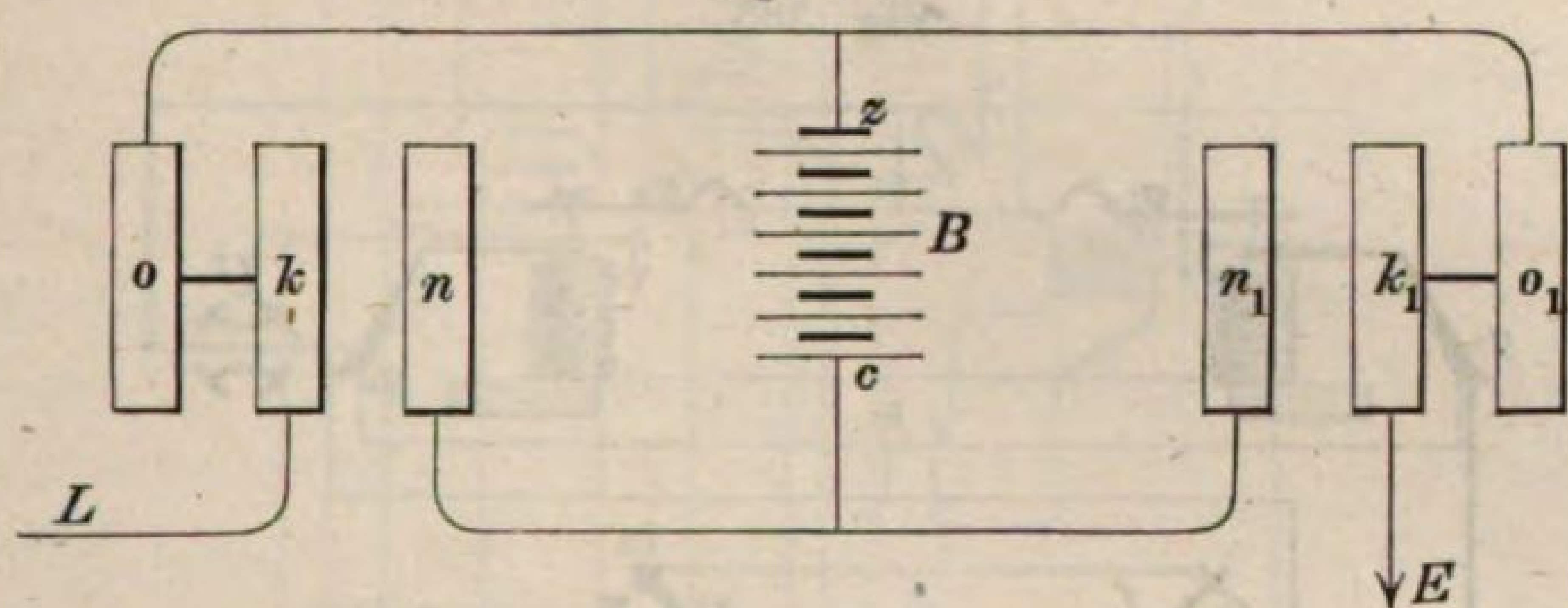
Fig. 303.



Dies ist der Stromlauf im Allgemeinen, allein dabei ist noch in Bezug auf die Umwicklung der Kerne folgendes zu bemerken. Es ist bereits erwähnt, dass die Löcher in den Papierstreifen nicht gleichzeitig mittelst beider Stanzvorrichtungen gemacht werden sollen, da aber, wie leicht einzusehen ist, doch stets beide Rollenpaare sich in dem galvanischen Kreise befinden müssen, so sind die Rollenpaare zwar gleich gewickelt, aber in entgegengesetzter Richtung in den Kreis geschaltet, so dass die beiden Elektromagnete nur auf Ströme von entgegengesetzter Richtung ansprechen. Zu diesem Zwecke könnte man zwei Batterien verwenden, um jedoch dies zu vermeiden, müssen die beiden Pole einer und derselben Batterie nach der in Fig. 304 gezeichneten Skizze an die beiden Schlüssel geführt werden. Bedeuten nämlich *o* und *n* die beiden Contacte des linken und o_1 und n_1 die des rechten Schlüssels, *k* und k_1 die beiden Körper derselben, so ist die Batterie *B* im Ruhezustande nach

der angegebenen Leitungsverbindung isolirt, der Strom ist in keiner Richtung, weder am Zinkpole z, noch am Kupferpole c geschlossen, während die Tasterhebel, die Contacte o und o_1 mit den Körpern k und k_1 der beiden Taster verbinden. Wird nun z. B. der rechte Taster gedrückt, so werden n_1 mit k_1 verbunden und die Verbindung zwischen k_1 o_1 wird aufgehoben. Während nun der Strom von c über n_1 k_1 zur Erde abgeleitet wird, fliesst dann von z der Strom über o und k in die Leitung, der Apparat kommt also in Thätigkeit. Wird dagegen der

Fig. 304.



Taster links gedrückt und der rechts losgelassen, so geht nun der Strom von c aus über n und k zur Leitung, wogegen der von z über o_1 und k_1 zur Erde geht. Wir sehen also, dass bei der Anwendung der verschiedenen Taster der Strom in verschiedener Richtung die Leitung durchfliesst.

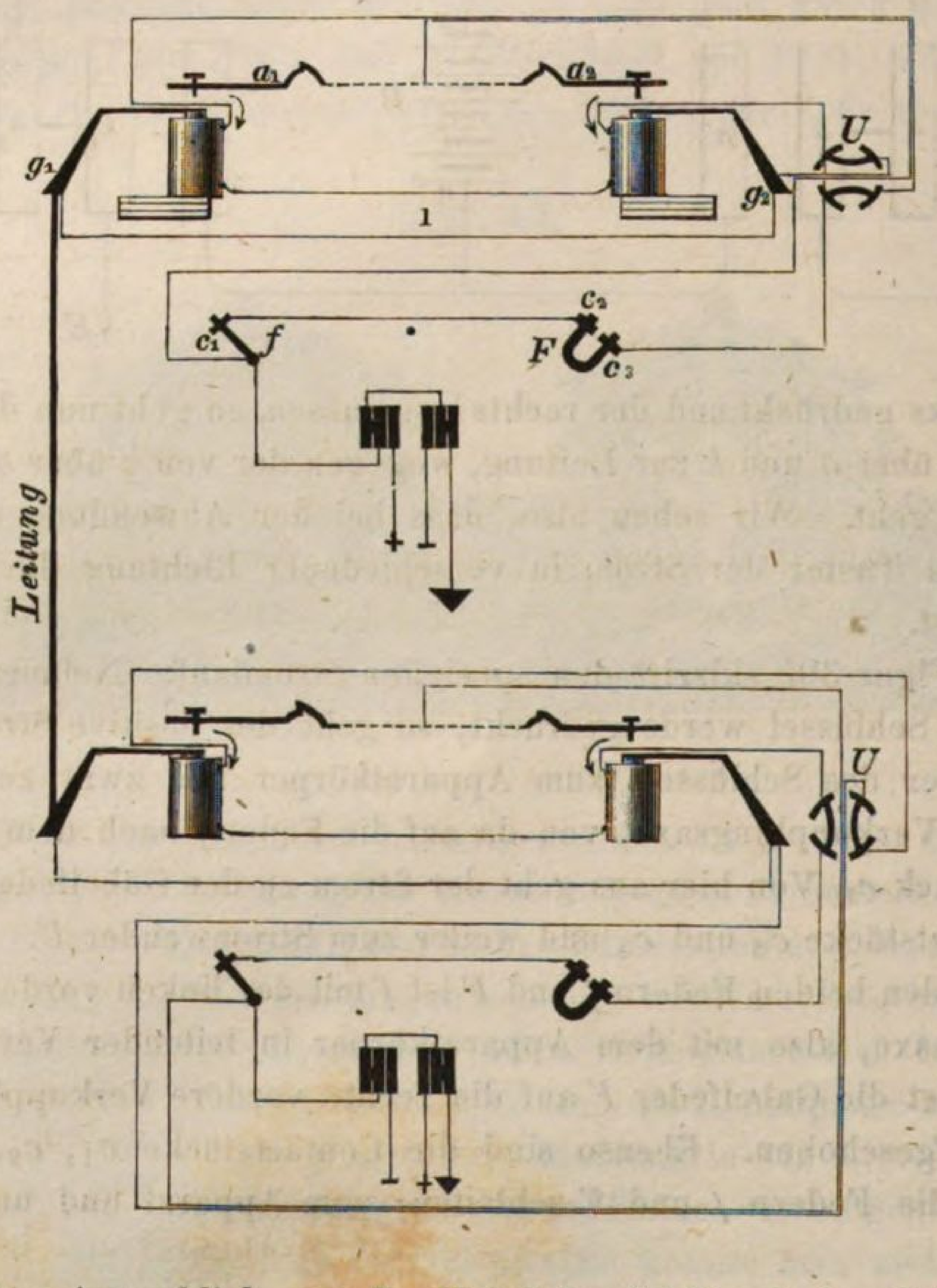
Die Figur 305 skizzirt den speciellen Stromlauf. Nehmen wir an der linke Schlüssel werde gedrückt, so geht der positive Strom über den Körper des Schlüssels zum Apparatkörper und zwar zur linken vorderen Verkupplungsaxe, von da auf die Feder f nach dem isolirten Contactstück c_1. Von hier aus geht der Strom zu der Gabelfeder F über die Contactstücke c_2 und c_3 und weiter zum Stromwender U.

Von den beiden Federn f und F ist f mit der linken vorderen Verkupplungsaxe, also mit dem Apparatkörper in leitender Verbindung, dagegen ist die Gabelfeder F auf die rechte vordere Verkupplungsaxe isolirt aufgeschoben. Ebenso sind die Contactstücke c_1, c_2, c_3, auf welchen die Federn f und F schleifen, vom Apparat und unter sich isolirt.

Vom Stromwender U aus geht der Strom zu den Rollen des linken Elektromagneten, dann zu denen des rechten, zum Umschalter U über die beiden Ankergestelle g_2 und g_1 in die Leitung, und auf der anderen Station in ähnlicher Weise durch die Magnetrollen, die ruhenden Federn zum linken Schlüssel und dann über den rechten Schlüssel zur Erde.

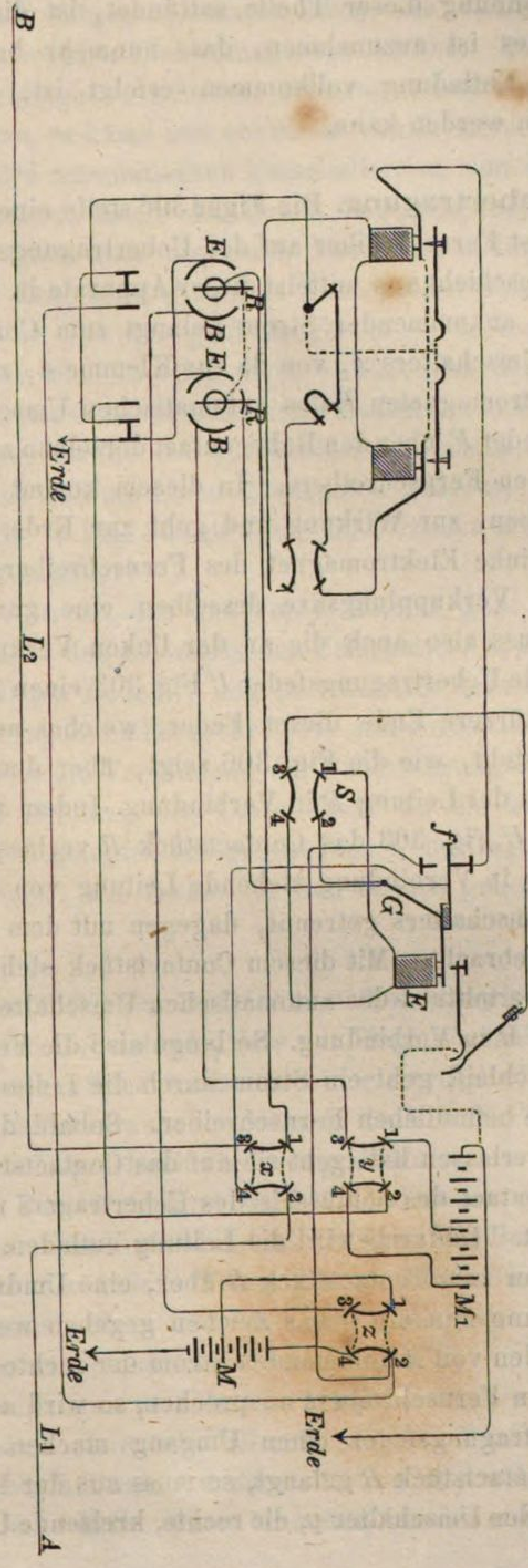
3. Arbeit des Stromes. Durch diesen Stromlauf wird nun Folgendes bewirkt. Zunächst spricht der entsprechende Elektromagnet auf der gebenden Station an, es erfolgt der Schluss zwischen dem Körper des Apparats und dem aufgeschnellten Anker, worauf der Strom von dem Körper über einen Auslösehebel, den aufgeschnellten Anker und das Ankergestell g_1 einen zweiten Weg in die Leitung findet, welcher unmittelbar nach dem ersten Stromimpulse offen steht. Dieser zweite Strom soll den auf der Adressstation ankommenden ersten Strom verstärken und den Erfolg sicherer stellen.

Fig. 305.



In dem Augenblick, wo der Hebel des Schlüssels den Ruhecontact wieder berührt, steht die nach dem Ankergestell g_1 geführte Leitung über den Körper des Apparates, die Auslösehebel und die Schlüssel hinweg mit der Erde in Verbindung. Nun erfolgt die Entladung der Leitung. Diese Endverbindung hängt lediglich von dem hinreichend lange an-

Fig. 306.



haltenden Contact zwischen dem Auslösehebel und dem Anker ab. Sobald eine Trennung dieser Theile sattfindet, ist dieser Weg unterbrochen, und es ist anzunehmen, dass nunmehr bei oberirdischen Leitungen die Entladung vollkommen erfolgt ist, und ein neues Zeichen gegeben werden kann.

4. Die Uebertragung. Die Figur 306 stelle einen automatischen Umschalter nebst Fernschreiber auf der Uebertragungsstation dar. Die Uebertragung geschieht nun mittelst dieser Apparate in folgender Weise.

Ein auf *A* ankommender Strom gelangt zum Contactstück 2 des automatischen Umschalters *x*, von da zur Klemme 4, zu der von dem Anker des Elektromagneten *E* des automatischen Umschalters isolirten Uebertragungsfeder *F*, über den Ruhecontact derselben zum Ankergestell des übertragenden Fernschreibers. In diesem kommt der Strom, wie früher beschrieben, zur Wirkung und geht zur Erde. Gesetzt, dass hierdurch der linke Elektromagnet des Fernschreibers anspricht, so muss die linke Verkupplungsaxe desselben eine ganze Umdrehung machen. Es muss also auch die an der linken Verkupplungsaxe befestigte, kreisende Uebertragungsfeder *U* Fig. 303 einen ganzen Umgang machen. Das kürzere Ende dieser Feder, welches auf dem inneren Ringe schleift, steht, wie die Fig. 306 zeigt, über den automatischen Umschalter *x* mit der Leitung *B* in Verbindung. Indem nun das längere Ende der Feder *U* Fig. 303 das Contactstück *R* verlässt, wird die mit dem Uebertrager in Verbindung stehende Leitung von den Rollen des automatischen Umschalters getrennt, dagegen mit dem Contactstück *B* in Verbindung gebracht. Mit diesem Contactstück steht aber, wie die Fig. 306 zeigt, vermittelst des automatischen Umschalters *z* die Uebertragungsbatterie *M* in Verbindung. So lange also die Feder *U* auf dem Contactstück *B* schleift geht ein Strom durch die Leitung *B* und wirkt auf den am Ende befindlichen Fernschreiber. Sobald die Feder *U* das Contactstück *B* verlassen hat, geht sie auf das Contactstück *E*, welches über den Ruhecontact des Schlüssels des Uebertragers mit der Erde in Verbindung steht. Dadurch wird die Leitung entladen. Die Feder *U* geht darauf wieder zum Contactstück *R* über, eine Umdrehung ist vollendet, und es kann nun ein neues Zeichen gegeben werden. Gesetzt, es würde durch den von *A* kommenden Strom der rechte Elektromagnet des übertragenden Fernschreibers ansprechen, so wird auch die rechte, kreisende Uebertragungsfeder einen Umgang machen. Wenn diese Feder auf das Contactstück *B* gelangt, so muss aus der Uebertragungsbatterie M_1 über den Umschalter *y*, die rechte, kreisende Uebertragungs-

feder weg zur ruhenden linken Uebertragungsfeder und über den Umschalter *x* nun ein entgegengesetzter Strom wie vorher nach *B* gehen und dort auf den rechten Elektromagneten wirken. So sehen wir also, dass beide entgegengesetzte Ströme übertragen werden.

Angenommen, es käme nun ein Strom von *B*. Derselbe gelangt zum Contactstück 3 des automatischen Umschalters *x*, von da zum Contactstück 1, zum inneren Ringe der linken Uebertragungsfeder des Fernschreibers und dann über die Feder zum inneren Ringe der rechten Feder und über diese hinweg zu dem Ankergestell G des automatischen Umschalters. Von hier aus geht ein Strom — da ihm ein Weg über die isolirte Feder *F* nicht offen steht — über den Stromwender *S'* zu den Elektromagneten des automatischen Umschalters und von da zur Erde.

Dadurch werden die drei automatischen Umschalter *x*, *y*, *z* in Bewegung gebracht und um einen Quadranten gedreht, nehmen also die Stellungen an, die in Fig. 306 punktirt sind. Dieser erste Strom bewegt also nur den Umschalter!

Ein zweiter Strom, der nun von *B* kommt, geht in Folge dessen zum Contactstück 3 des automatischen Umschalters *x*, über das Contactstück 4 zur isolirten Feder *f*, den Ruhekontact derselben zum Ankergestell des übertragenden Fernschreibers und durch die Rollen zur Erde.

Darauf findet die Versendung der Uebertragungsströme vermittelst der durch die Drehung des Umschalters an die kreisenden Uebertragungsfedern *U* gelegten entsprechenden Uebertragungsbatterie ganz in derselben Weise, wie früher für den nach *B* gehend beschriebenen Strom statt.

5. Die Schrift des Jaite'schen Telegraphen. Ausser dem bereits erwähnten Uebelstande, dass der Hughes'sche Telegraph wegen seines Typendruckes Synchronismus seiner correspondirenden Apparate verlangt, ist noch hervorzuheben, dass er doch nur in dem Falle grössere Schnelligkeit der Depeschenbeförderung als Morse bewirken kann, wenn er durch zwei Beamte bedient wird, und dass er wegen seiner Einrichtung leichter schadhaft wird und die Kraft der Beamten in höherem Maasse angreift als andere Telegraphen. Hierzu kommt schliesslich noch der Umstand, dass mittelst dieses Telegraphen nicht mehrere Uebertragungen eingeschaltet werden können.

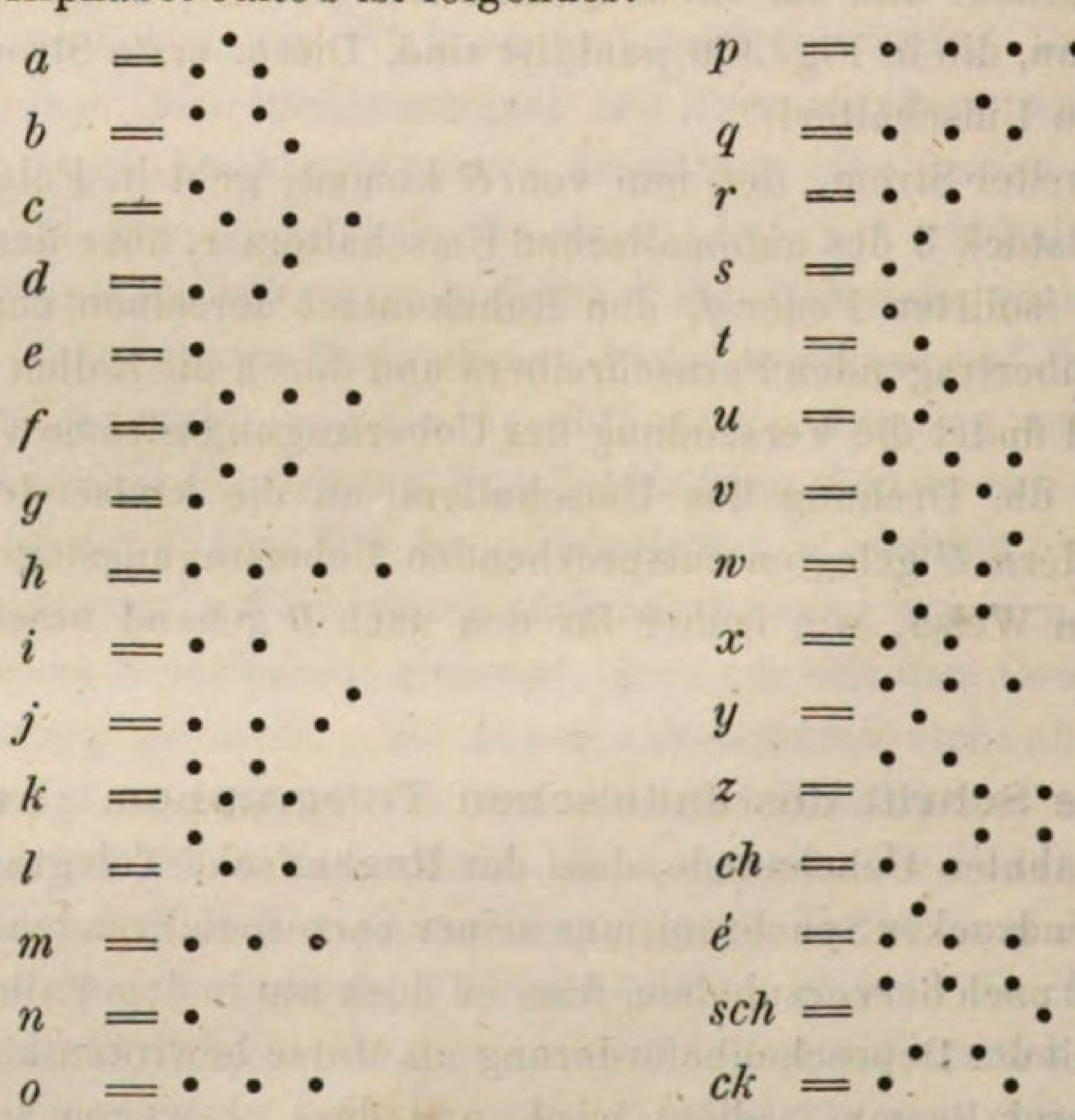
Diese Erwägungen veranlassten Jaite eine neue Schrift anzuwenden, deren Buchstaben nicht wie beim Morse aus Punkten und Strichen, sondern nur durch Punkte dargestellt werden, welche bei einzelnen Buchstaben in eine Reihe hinter einander, bei den meisten aber in zwei

Reihen stehen. Zur Erzeugung dieser Punkte benutzt Jaite keine Farbe, sondern er stellt dieselben als Löcher in dem Papierstreifen her und gewinnt dadurch noch den Vortheil, gleichzeitig eine Depesche in mehreren identischen Ausfertigungen erhalten zu können, wenn er mehrere Papierbänder über einander durch den Apparat gehen lässt.

Aus dem Umstande, dass die Punkte in zwei Reihen stehen, erklärt sich die Duplicität des oben beschriebenen Apparates, da der eine Taster die Löcher der oberen, der andere die der unteren Reihe erzeugt.

Das Erzeugen von Löchern statt der kurzen und langen Striche des Morseapparates gewährt den Vortheil, dass die Zeichen weder zu lang noch zu kurz ausfallen können, wie dies beim Morse je nach der Individialität der Beamten vorzukommen pflegt, wodurch denn die Deutlichkeit geringer werden muss.

Das Alphabet Jaite's ist folgendes:



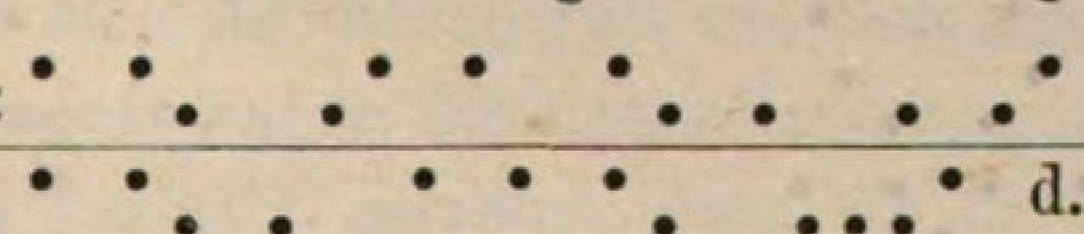
Wenn ich nun zuvor die Vortheile dieser Art der Schrift im Vergleich mit der Morseschen hervorgehoben habe, so kann ich andererseits nicht unterlassen, auch auf einen Nachtheil derselben aufmerksam zu machen. Der Mangel, welcher sich bei dieser Art der Darstellung der Buchstaben herausstellt, wird, nachdem wir die Buchstaben selbst kennen gelernt haben, sehr leicht deutlich.

Wir haben schon mehrmals erwähnt, dass die Individualität der Telegraphisten die Zeichen der Morseschrift dadurch undeutlich machen

kann, dass die Striche sich zu sehr verkürzen, oder dass umgekehrt die Punkte sich in Striche verwandeln können. Dies kann bei dieser Schrift Jaite's nicht vorkommen. Hingegen kann ein anderer Umstand eintreten, der seinen Grund in dem zu langsamen Erzeugen der Punkte hinter einander bei der grossen Geschwindigkeit, mit der sich das Papier bewegt, also wiederum in der Individualität des Beamten hat.

Die einzelnen Buchstaben müssen nämlich einen vorschriftsmässigen resp. regelmässigen Abstand von einander besitzen, und dieser Abstand muss grösser sein, als die Entfernung der Theile eines Buchstaben von einander. Bedeuten z. B. vier Punkte auf der Linie *h*, so bedeuten dagegen zweimal zwei Punkte, d. h. zwei Punkte, dann ein grösserer Zwischenraum, und dann wieder zwei Punkte in der früheren Entfernung von einander: *i i*, und ein solcher Fehler kann doch vorkommen. Hiergegen lässt sich mit Grund einwenden, dass bei der Morseschrift ähnliche Versehen zu ähnlichen Irrthümern führen können. Allein ein Fehler kann in der Morseschrift der Natur der Sache gemäss nicht vorkommen, welcher bei Jaite's Schrift möglich ist und durch das Telegraphiren auf zwei Tasten erzeugt wird.

Wir haben gesehen, dass *b* = ˙ ˙. ist. Es befinden sich also zwei Punkte über der Reihe, und hernach einer in derselben. Während also die beiden ersten Punkte mit der einen Taste gemacht werden, wird der letzte mit der anderen erzeugt. Nun erfordert aber das rechtzeitige schnell abwechselnde Telegraphiren auf zwei Tasten grössere Uebung, als auf einer; macht jedoch der Beamte statt des *b*, den letzten Punkt unten etwas weiter entfernt, als die beiden anderen von einander stehen, so heisst das nicht mehr *b*, sondern *r e*, weil zwei Punkte oben *r*, und einer unten *e* heisst. Bei mangelhaftem Telegraphiren könnte z. B. das Wort Berlin:



d. h. Rimej werden. Es wird das Vorkommen solcher Fehler allerdings dadurch bedeutend erschwert, dass auf der gebenden Station die Depesche auch gelocht wird und also bezüglich ihrer Richtigkeit controlirt werden kann, indessen sehen wir, dass auch diese Art der Zeichen ihre Mängel hat, die um so eher dadurch hervortreten können, dass die Stösse des Fingers auf die Tastenknöpfe sehr schnell bei der raschen Fortbewegung des Papierstreifens auf einander folgen müssen, wenn der Apparat bedeutende Leistungen erzielen soll.

Für die Ziffern hat Jaite zwei verschiedene Zeichenarten eingeführt. Einmal hat er die nachstehenden Zeichen als die eigentlichen Ziffer-

zeichen bestimmt, deren jedes aus 5 Punkten gebildet ist, also nicht mit den höchstens aus 4 Punkten bestehenden Buchstaben verwechselt werden kann; ausserdem hat er andere Zeichen der Kürze wegen festgestellt, welche ebenfalls die Ziffern bedeuten, vor deren Gebung aber zur Verhütung der Verwechslung telegraphirt werden muss: „Zahlen folgen“ = . ˙ . ˙ .

Die vollständigen Zifferzeichen sind:

1 = . ˙ ˙ ˙ ˙	6 = ˙
2 = . . ˙ ˙ ˙	7 = ˙ ˙ . . .
3 = . . . ˙ ˙	8 = ˙ ˙ ˙ . .
4 = ... ˙	9 = ˙ ˙ ˙ ˙ .
5 = ...	0 = ˙ ˙ ˙ ˙ ˙

Die abgekürzten Zifferzeichen sind:

1 = .	6 = ˙
2 = . .	7 = ˙ ˙
3 = . . .	8 = ˙ ˙ ˙
4 = ...	9 = ˙ ˙ ˙ ˙
5 = ...	0 = ˙ .

Ausser diesen wendet Jaite noch folgende Abkürzungen an:

Buchstaben folgen = ˙ . ˙ . ˙
Verstanden = ˙ ˙ ˙ . ˙
Nicht verstanden, bitte Wort nach = . . . ˙ .
Via = ˙ ˙ . ˙ .
Telegraph = . ˙ . ˙ ˙
Antwort = . . ˙ ˙ .
Bezahlt = ˙ ˙ . . ˙
Erhalten = ˙ ˙ . ˙ ˙
Trennungszeichen = . . ˙ . .
Punkt = ˙ ˙ ˙ ˙ ˙ ˙
Unterbrechungszeichen = ...
Komma = . ˙ . ˙ . ˙
Semikolon = ˙ . ˙ . ˙ .
Kolon = ˙ ˙ ˙ . . .
Fragezeichen = . . ˙ ˙ . .
Ausrufungszeichen = ˙ ˙ . . ˙ ˙
Klammer = ˙ . ˙ . ˙ ˙ ˙ . ˙ . ˙ ˙

Anführungszeichen = . ˙ . ˙ ˙ ˙

Apostroph = . ˙

Alinea = . ˙ . ˙ . .

% = ˙ . . ˙ ˙ .

Gleich = . ˙ ˙ ˙ . .

Unterstreichungszeichen = ˙ . ˙ ˙ . ˙

§ 5.

Die submarine Telegraphie.

1. **Telegraphie ohne Elektromagnete.** Wir befinden uns jetzt in einem Stadium der Entwicklung der Telegraphie, in dem es nicht leicht bestimmt werden kann, welcher der jetzt in Anwendung befindlichen Apparate noch lange in Gebrauch bleiben und nicht durch einen neu erfundenen verdrängt werden wird. So hat z. B. zur Zeit der ersten transatlantischen Kabellegung, als alle Welt den Nutzen des Elektromagnetismus für die Telegraphie rühmte, es Niemand für möglich gehalten, dass man gerade zur Versendung der Depeschen auf diesem weitesten Wege nicht die Kraft der Elektromagnete zur Anwendung bringen werde, und — doch findet dies jetzt statt.

Wir haben früher gesehen,[1]) dass die statische Induktion die Ursache ist, weshalb in Telegraphenkabeln die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des elektrischen Stromes erheblich verringert wird. Diese Hemmung der Fortpflanzung hat, wie wir wissen, ihren Grund in der Zeit, welche zur Ladung und darauf folgenden Entladung des Kabels nöthig ist, das sich für diesen Fall wie eine sehr lange Leydner Flasche verhält. Besonders haben die neuerdings angestellten sehr geistreichen Versuche von Varley[2]) gezeigt, dass für diesen Fall sowohl das Anwachsen, wie das allmählige Abnehmen des Stromes, wenn er unterbrochen und die Leitung mit der Erde verbunden wird, eine sehr erhebliche Zeit in Anspruch nehmen.

Nachdem man dies schon lange vor den neuesten Versuchen von Varley erkannt hatte, hatten Varley[3]) und Siemens[4]) Submarinschlüssel hergestellt, welche die erwähnte Entladung vor Entsendung eines neuen Stromes bewirken sollen, und auch in der That bewirkten. Da jedoch die Zeit der Entladung mit der Länge des Kabels sich vergrössert, so

[1]) Vorn § 4 Nr. 3 Abschn. III. über die statische Induction. [2]) Vorn p. 226. [3]) Vorn p. 473. [4]) Vorn p. 471.

erwiesen sich besonders beim atlantlichen Kabel die bis dahin ausreichend gewesenen Aushülfen als ungenügend, und es entstand die Frage, wie dieses Hinderniss in anderer Weise zu beseitigen wäre.

2. Benutzung eines schwächeren Stromes. Die Versuche von Faraday [1]) so wie die von Varley, Wheatstone, Guillemin u. a. haben gezeigt, dass die am anderen Ende eines Kabels ankommende Elektricität nur allmählich zu der grösstmöglichen Intensität anwächst und später in gleicher Weise durch Abströmen in die Erde verschwindet, also dass aufeinander folgende Ströme gleichsam Wellen erregen, die allmählich dem Ende zuströmen. Ferner ist festgestellt, dass erst nach Beendigung der Ladung des ganzen Kabels freie Elektricität an dem Ende desselben bemerkbar wird.

Während nun alle diese Beobachtungen einerseits lehren, dass die Fortpflanzung der verwendbaren freien Elektricität zum Ende eines Kabels um so langsamer stattfindet, je länger das Kabel ist, zeigen dieselben andererseits, dass zur Wahrnehmbarmachung der entsandten Ströme derjenige Apparat um so vortheilhafter sein muss, welcher auf die geringsten Stromintensitäten anspricht.

Unter den in dieser Hinsicht bekannten Apparaten steht nun aber ein einen Anker anziehender Elektromagnet nicht im Entferntesten oben an. Wir müssen im Gegentheil sagen, dass der Elektromagnet in dieser Beziehung gerade das ungeeignetste Mittel ist. Einerseits bedarf es einer gewissen Zeit, bis der Magnetismus im weichen Eisen sich entwickelt hat, und andererseits ist wiederum eine Zeit erforderlich, bevor der allmählich anwachsende Magnetismus wiederum in dem Anker denselben Prozess beendigt hat, so dass dieser, ebenfalls magnetisirt, angezogen werden kann.

Als geeignetstes Mittel schwache Ströme anzuzeigen kennt man die Magnetnadel. Bei der Beschreibung des Multiplicators [2]) haben wir nämlich gesehen, dass zur Verstärkung der Wirkung eines Stromes auf die Nadel nur eine Vergrösserung der Zahl der Spiralwindungen des Leiters um dieselbe erforderlich ist.

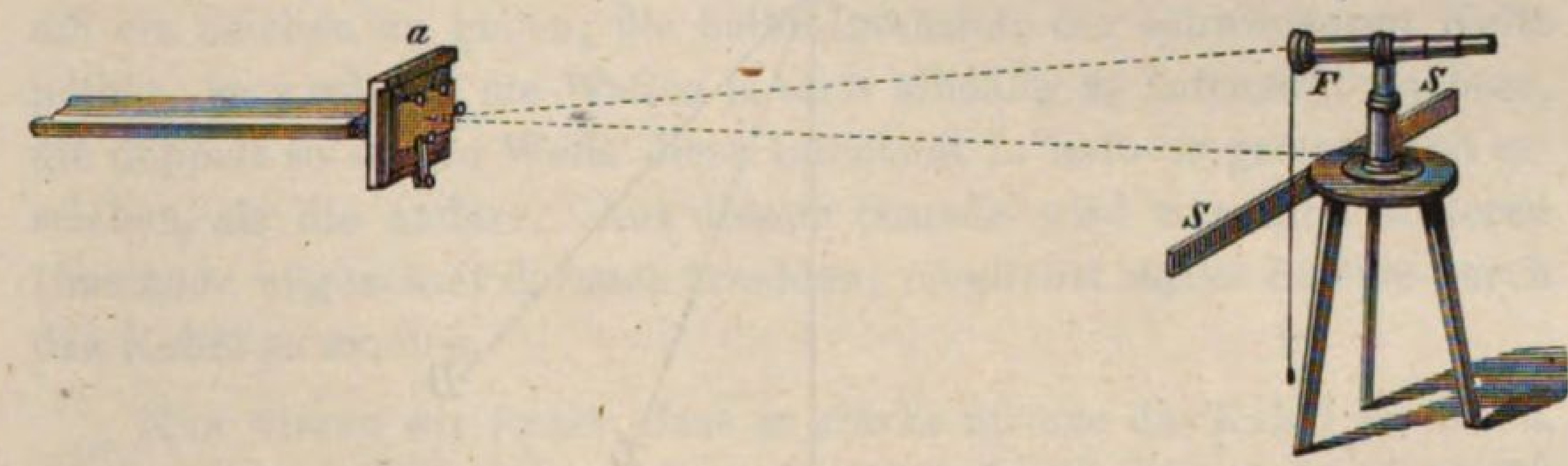
Schon die Erfinder des elektromagnetischen Telegraphen, Gauss und Weber, haben sich gleich bei ihrem Apparate dieses Mittels bedient, um die durch Bewegen eines Magnetstabes erzeugten Induktionsströme auf der empfangenden Station bemerkbar zu machen. Sie bedienten sich

[1]) Vorn p. 190. [2]) Abschnitt II, p. 109.

dazu einer Einrichtung, wie sie die Fig. 307 zeigt. Die Ablesung der Ablenkung geschah durch Spiegel und Fernrohr.

3. Die Spiegelablesung. Ist man darauf angewiesen, sehr kleine elektrische Wirkungen zu beobachten, so müssen natürlich diejenigen Mittel angewendet werden, welche auch diese für die gewöhnliche Beobachtung ungenügenden Vorgänge deutlich wahrnehmbar und in den kleinsten Abweichungen unterscheidbar machen. Man hat, kurz gesagt, darauf zu sehen, dass die kleinen Eindrücke so gut zu gebrauchen sind, wie sonst grosse. Dies wird nun durch die Ablesung mittelst Fernrohr und Spiegel bis zu einem jeden beliebigen Grad der

Fig. 307.



Vollkommenheit erreicht, wie solches aus der Figur 309 leicht ersehen werden kann.

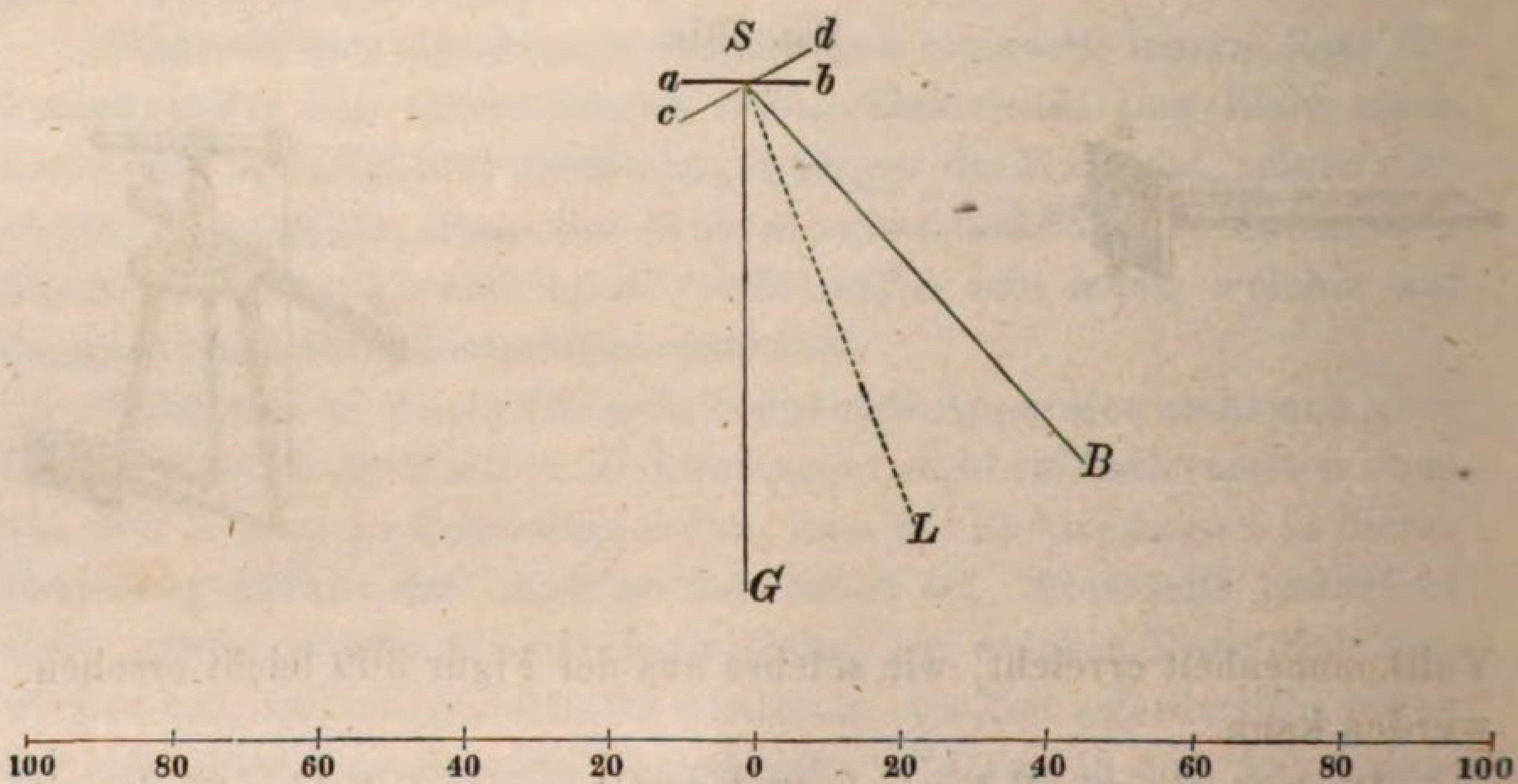
Denken wir uns *E E* sei ein Stab auf dem eine beliebige Skala mit Theilstrichen gezeichnet ist. Der Null gegenüber stehe ein Spiegel *S* mit der Skala parallel und dicht über derselben ein Fernrohr nach dem Spiegel gerichtet. Hat nun der Spiegel die Stellung *a b*, so sieht man mittelst des Fernrohrs in demselben *O*. Denken wir uns nun den Spiegel z. B. so abgelenkt, dass er in die Lage von *cd* kommt, so spiegelt sich nicht der Punkt der Skala in dem Spiegel ab, welcher in der Richtung von *S L* liegt, die senkrecht auf *c d* steht, sondern es spiegelt sich derjenige Punkt ab, dessen Verbindung mit *S* einen doppelt so grossen Winkel mit der Verbindung *O S* macht als der Spiegel mit seiner ursprünglichen Lage. Während also der Schenkel *L S* des Ablenkungswinkels nach 40 zeigt sieht man dann in dem Spiegel etwa 80. Es ist also, kurz gesagt, der Winkel, unter dem man das Bild sieht, doppelt so gross als der Ablenkungswinkel des Spiegels selbst. — Während man also mittelst des Fernrohrs die kleinste Ablenkung schon beliebig ver-

grössern kann, verdoppelt die Spiegelablenkung noch diese Abweichung vom Nullpunkte.

Bringt man daher den Spiegel auf der Magnetnadel an, welche durch den in den Windungen eines Multiplicators kreisenden Strom des Telegraphenkabels abgelenkt wird, so zeigt das Fernrohr diese Ablenkung in der eben beschriebenen Weise vergrössert, und es kann dadurch ein nur sehr schwacher Strom noch sehr deutlich erkennbar gemacht werden.

Hinsichtlich dieser Beobachtungsmethode ist noch zu merken, dass die Ablenkung, welche man an einer geraden Skala, wie in Fig. 308

Fig. 308.



nach Theilstrichen beobachtet, nicht direkt dem doppelten Ablenkungswinkel proportional ist, sondern dass die Entfernung des Theilstriches vom Nullpunkte dividirt durch die Entfernung des Spiegels von der Skala gleich der Tangente des doppelten Ablenkungswinkels des Spiegels ist. Und da nun bei einer einmal getroffenen Einrichtung die letztgenannte Entfernung zwischen Fernrohr und Spiegel dieselbe bleibt, so giebt der Skalentheil direkt die Tangente des doppelten Ablenkungswinkels des Spiegels. Diese Erwägung ist jedoch für den vorliegenden Fall unwichtig, da hier nur in Frage kommt, ob überhaupt eine Ablenkung der Nadel stattfindet oder nicht.

4. Die Anwendung des Condensators. Da wir nun ein Mittel besitzen, kleine elektrische Wirkungen auf grosse Entfernungen

hin wahrnehmbar zu machen, so könnte man meinen, es wäre hiermit für die Lösung der Aufgabe alles gethan, besonders da schwache Ströme das Kabel nicht der Gefahr aussetzen, durch die im andern Falle hervorgerufene zu grosse elektrische Spannung zerstört zu werden.

Allein die vorn gegebene Untersuchung von Siemens[1]) zeigt zwar einerseits, dass ein starker Strom dieselbe Zeit gebraucht um ein Kabel zu laden, wie ein schwacher Strom, aber sie lässt andererseits auch erkennen, dass ein starker Strom doch zur schnellen Beförderung der Zeichen günstig ist. Dies wäre nicht der Fall, wenn das Zeichen auf der Adressstation immer erst dann bemerkbar würde, wenn das Kabel vollständig geladen wäre, denn sowohl der schwache wie der starke Strom erfordern ja dieselbe Ladungszeit. Denken wir uns aber zwei verschiedene Stromwellen durch das Kabel gesandt, deren eine nur halb so intensiv ist als die andere, und der Apparat auf der Station hätte, um ein Zeichen zu geben, die halbe Intensität der schwächeren Welle nöthig, so wird, da die Wellen ja stets allmälig an Intensität wachsen, die doppelt so starke Welle diese Intensität in halb so grosser Zeit erreichen, als die andere. Aus diesem Grunde wird man aller anderen Umstände ungeachtet darnach trachten, möglichst starke Ströme durch das Kabel zu senden.

Nun wissen wir ferner, dass zu starke Ströme das Kabel zerstören, und aus diesem Grunde muss man darauf bedacht sein, nicht zu starke Ströme anzuwenden. Es bedarf daher eines Mittels, den Strom so zu regeln, dass er möglichst stark, aber nicht zu stark sei, dass er womöglich immer dieselbe Intensität besitze. Dieses Mittel ist nun der Condensator.

Die Menge der Elektricität nämlich, welche von dem Condensator aufgenommen wird, ist von zwei Dingen abhängig. Dieselbe hängt zunächst von der Grösse der angelegten Säule und ferner von der Grösse der Oberfläche des Condensators ab. Man kann daher mittelst des Condensators genau die Menge der Elektricität feststellen, welche in ein Kabel gelangen soll, und insofern ist die Anwendung des Condensators bei der submarinen Telegraphie vortheilhaft.

Man hat nun auch wohl den nachstehenden Grund für die vortheilhafte Verwendung des Condensators bei der Telegraphie mittelst eines Kabels, besonders aber des atlantischen angegeben, bei dem man bekanntlich

[1]) III. Abschnitt §. 4, p. 223.

Anfangs gar nicht dazu gelangen konnte, zuverlässige Zeichen zu versenden.

Die Anordnung des Apparates bei Benutzung eines Condensators zur submarinen Telegraphie ist die, dass zwischen der Säule und dem Kabel der Condensator eingeschaltet wird. Wird nun der positive Pol mit der einen Seite des Condensators verbunden, während der negative zur Erde abgeleitet ist, so strömt die $+E$ der Säule nach dieser Seite des Condensators und bindet auf der andern mit dem Kabel verbundenen Seite eine entsprechende Menge $-E$ während die $+E$ des Kabels nach dem entgegengesetzten Ende desselben abströmt. So sind also im Kabel zwei entgegengesetzte Ströme vorhanden, die sich gegenseitig neutralisiren und die inducirende Wirkung aufheben, welche diese Ströme auf die äussere Kabelhülle ausüben würden, indem sie dasselbe laden. Das Resultat der Anwendung des Condensators wäre also hiernach das, dass die Ladung des Kabels gar nicht in dem Grade zu Stande kommen könnte, wie im anderen Falle.

Gegen diese Betrachtungsweise lässt sich nur einwenden, dass die angegebenen Vorgänge nicht als Grund für die Erleichterung des Telegraphirens mittelst einer langen unterseeischen Telegraphenleitung dienen können. Während nämlich auf dem von Valencia nach Newfoundland gelegten Kabel sich auf der europäischen Seite ein Condensator befindet, ist in Newfoundland keine solche Einrichtung getroffen, und — doch telegraphirt man von dieser Seite auch nach Valencia!

Bedenkt man nun, dass für diesen Fall die vorn angegebenen Gründe für die durch den Condensator gebotenen Vortheile nicht gültig sein können, da ja in diesem Falle der Strom das Kabel erst ganz durchlaufen muss, bevor der Condensator wirksam werden kann; so wird man zugeben, dass dieser Condensator nicht als Ursache des günstigen Erfolges auf den atlantischen Kabellinien angegeben werden kann.

Es ist hiernach wohl ausser Zweifel, dass der Hauptgrund der Ermöglichung des Telegraphirens auf so langen Strecken in der Einrichtung der Apparate liegt, welche die Zeichen durch einen sehr viel schwächeren Strom als die früher verwendeten zu versenden in Stand setzen.

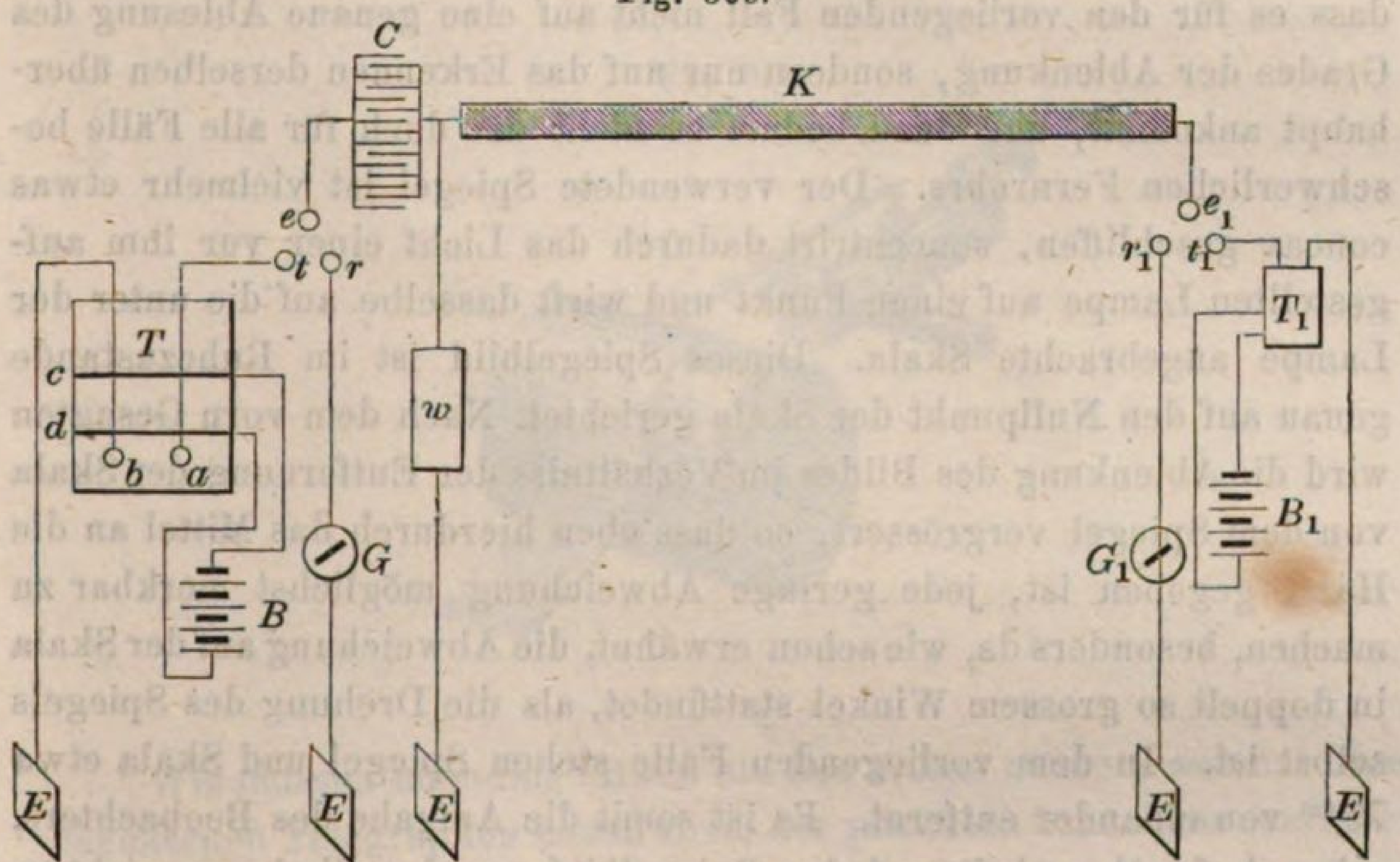
Aus dem früher Gesagten geht nun aber ferner hervor, dass dessen ungeachtet die Anwendung des Condensators nicht nutzlos ist.

Der Nutzen, den der Condensator gewährt, liegt, wie bereits gesagt, darin, dass man genau die Menge der Elektricität bestimmen kann, welche ein Kabel durchfliessen soll.

5. Die Einrichtung der Stationen des atlantischen Kabels ist nun die in Fig. 309 dargestellte.

T bezeichne den Taster, welcher zwei Tasten *a* und *b* hat, die federnd nach oben gegen die Schiene *c* liegen, die mit dem einen Pole der Säule *B* in Verbindung steht. Dagegen befindet sich die Schiene *d* unter den beiden Tasten *a* und *b*, und nach ihr ist der andere Pol der Säule *B* geleitet, wie dies in der Figur angedeutet ist. Die eine Seite des Condensators *C* steht nun mit der Leitung nach dem Contakte *e* in Verbindung, welcher im Ruhezustande *r* berührt, das über das Galvanometer *G* zur Erde führt. Auf der Station in Newfoundland ist die Einrichtung entsprechend, nur dass sich dort kein Condensator befindet.

Fig. 309.



Soll nun von Valencia aus telegraphirt werden, so wird *e* von *r* nach *t* gebracht und nun eine der Tasten *a* oder *b* gedrückt, so geht nun ein Strom von einem der Pole — wir wollen annehmen dem positiven — nach dem Condensator *C* und ladet diesen mit positiver Elektricität, während auf der anderen Seite aus dem Kabel die negative Elektricität gebunden wird, und dessen positive nach der Adressstation wo e_1 mit r_1 verbunden ist, über G_1 zur Erde abfliesst.

Wird nun die gedrückte Taste wieder losgelassen, sei es *a* oder *b*, so steht der mit *t* verbundene Contact über *c* mit der Erde in leitender Verbindung und entladet die eine Seite des Condensators, während die entgegengesetzte Elektricität durch das Kabel abströmt, da eben im

Ruhezustande auf beiden Stationen *e* an *r* liegt. Damit aber in diesem Falle das Kabel an beiden Enden auch direkt mit der Erde in leitender Verbindung sei, und so die Entladung vollständig stattfinden könne, ist zwischen dem Condensator und dem Kabel noch eine Erdverbindung eingeschaltet, in der sich, wie die Figur zeigt, ein Widerstand befindet. Dieser Widerstand ist sehr gross, so dass im Falle des Telegraphirens der Strom, der durch das Kabel geht, nur wenig geschwächt wird.

Die Galvanometer- oder vielmehr Galvanoskopnadeln beider Stationen tragen den vorn erwähnten Spiegel, der das ankommende Zeichen, d. h. die Nadelablenkung bemerkbar macht. Wenn nun vorn hervorgehoben ist, dass am genausten mittelst Anwendung eines Fernrohrs beobachtet werden kann, so haben wir andererseits auch gesehen, dass es für den vorliegenden Fall nicht auf eine genaue Ablesung des Grades der Ablenkung, sondern nur auf das Erkennen derselben überhaupt ankommt, und dazu bedarf es nicht des doch für alle Fälle beschwerlichen Fernrohrs. Der verwendete Spiegel ist vielmehr etwas concav geschliffen, concentrirt dadurch das Licht einer vor ihm aufgestellten Lampe auf einen Punkt und wirft dasselbe auf die unter der Lampe angebrachte Skala. Dieses Spiegelbild ist im Ruhezustande genau auf den Nullpunkt der Skala gerichtet. Nach dem vorn Gesagten wird die Ablenkung des Bildes im Verhältniss der Entfernung der Skala von dem Spiegel vergrössert, so dass eben hierdurch das Mittel an die Hand gegeben ist, jede geringe Abweichung möglichst merkbar zu machen, besonders da, wie schon erwähnt, die Abweichung auf der Skala in doppelt so grossem Winkel stattfindet, als die Drehung des Spiegels selbst ist. In dem vorliegenden Falle stehen Spiegel und Skala etwa 75^{cm} von einander entfernt. Es ist somit die Aufgabe des Beobachters, seine Aufmerksamkeit auf das Spiegelbild an der Skala zu richten. Fängt dasselbe an sich zu bewegen, so beginnt die Depesche.

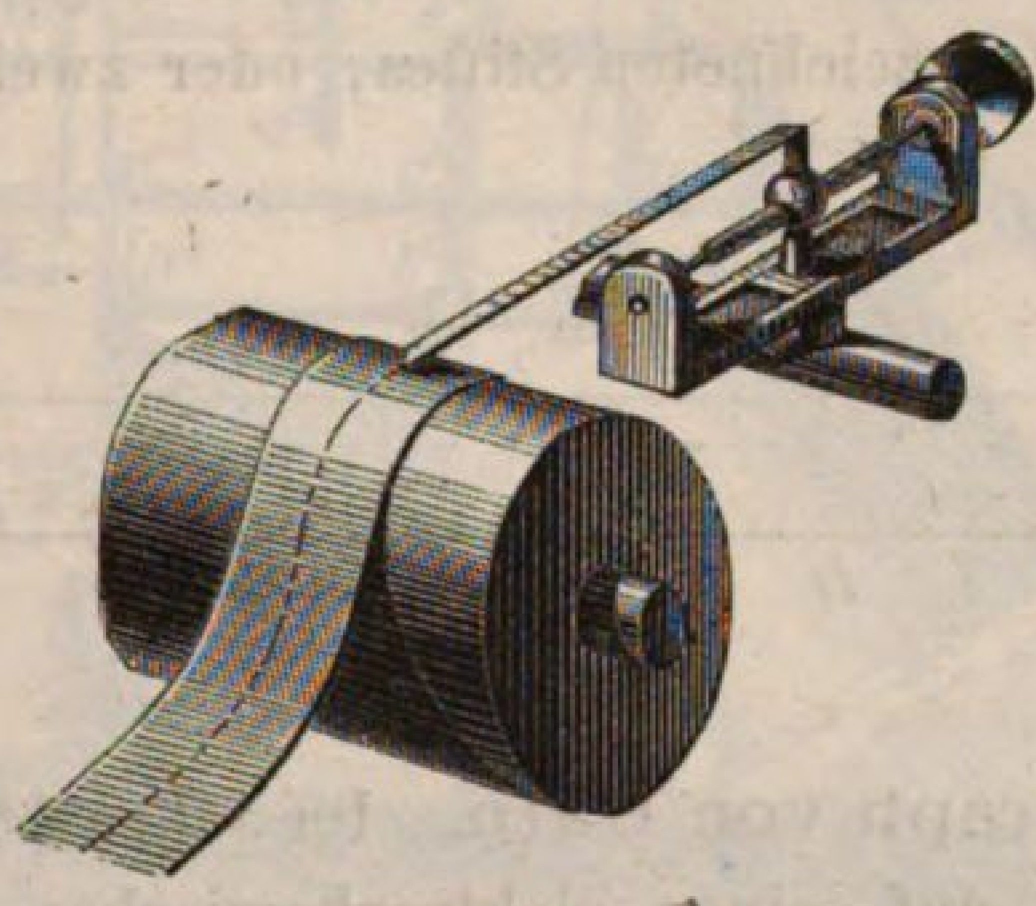
§ 6.

Die elektrochemischen Telegraphen.

1. Erste Einrichtung der chemischen Telegraphen. Das Princip der chemischen Telegraphen neuerer Zeit beruht einfach darauf, dass ein mit einem chemischen Präparat getränkter Papierstreifen sich unter einem Stifte fortbewegt, welcher durch Zersetzung des Präparates mittelst des galvanischen Stromes Zeichen auf dem Papiere hervorbringt.

Im Jahre 1808 war, wie wir vorn gesehen haben, von Sömmering[1]) der Vorschlag gemacht, mittelst 27 Drähte, welche in einem Wassergefäss endigten, durch chemische Zersetzung telegraphische Zeichen zu geben. Im Jahre 1838 construirte E. Davy zuerst einen Telegraphen, welcher auf das oben angeführte Princip gegründet war,[2]) allein die von ihm getroffene Einrichtung war im Ganzen zu verwickelt, als dass sie praktische Anwendung finden konnte, obgleich einzelne bei diesem Telegraphen zur Geltung gebrachte Principien später von Anderen benutzt worden sind. Erst die durch den Gebrauch des Morse'schen Telegraphen gemachten Erfahrungen förderten die Sache so weit, dass in neuerer Zeit sogenannte chemische Telegraphen mit der nöthigen Einfachheit hergestellt wurden.

Fig. 310.



Wir müssen unbedingt Bain als den ersten nennen, welcher einen chemischen Telegraphen construirte, der praktisch brauchbar war. Derselbe befindet sich noch jetzt auf manchen Strecken in Anwendung. Bain's erster Vorschlag[3]) war hinsichtlich des Zeichenmachers der noch jetzt von allen späteren Erfindern acceptirte, nämlich den Schreibhebel Morse's durch einen festen Metallstift zu ersetzen, welcher auf einem Papiere streifend sichtbare Zeichen auf demselben hervorbringen sollte, sobald der galvanische Strom durch ihn hindurch und jenseit des Papieres weiter geleitet würde, etwa wie die Fig. 310 zeigt.

Was den Zeichengeber betrifft, so schlug Bain im Jahre 1847 vor, einen Streifen Papier, in der Weise, wie in Fig. 311 mit Löchern zu

[1]) Absch. V. § 1, No. 3. [2]) Absch. V. § 7, No. 1. [3]) Mech. Mag. 1847 No. 1245; Dinglers Journ. 105, p. 231.

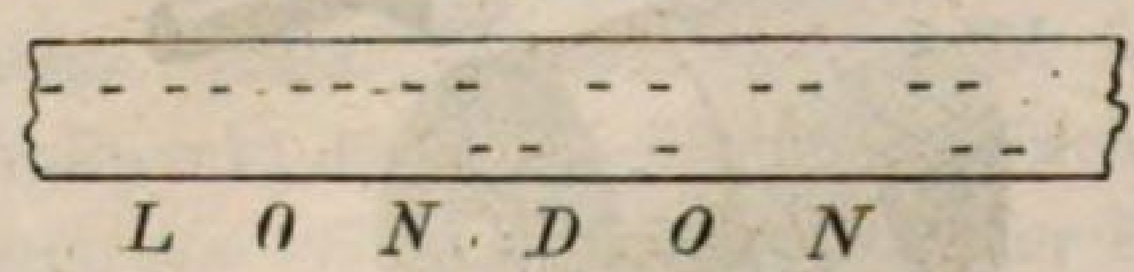
versehen. Eine jede Gruppe von Löchern, wie sie durch Querlinien abgetheilt ist, bedeutet einen Buchstaben des Alphabets, oder eine Ziffer, oder auch ganze Worte und Sätze. Dieser durchlöcherte Papierstreifen, dessen Löcher in zwei Reihen stehen, wird über einer zweiten Rolle hingeführt, die aus zwei von einander isolirten Metallstücken besteht.

Fig. 311.



Auf diesen Rollen streifen zwei Metallfedern, welche den Linienstrom schliessen, sobald sie in Berührung mit dem Metall der Rolle sind. Wird nun der durchlöcherte Papierstreifen zwischen die Rolle und die Federn gebracht und mittelst der Rolle fortbewegt, so stellt ein jedes Loch den Strom her und bewirkt dann auf der Gegenstation Striche mittelst des in Fig. 310 gezeichneten Stiftes, oder zweier Stifte, etwa wie in Fig. 312.

Fig. 312.

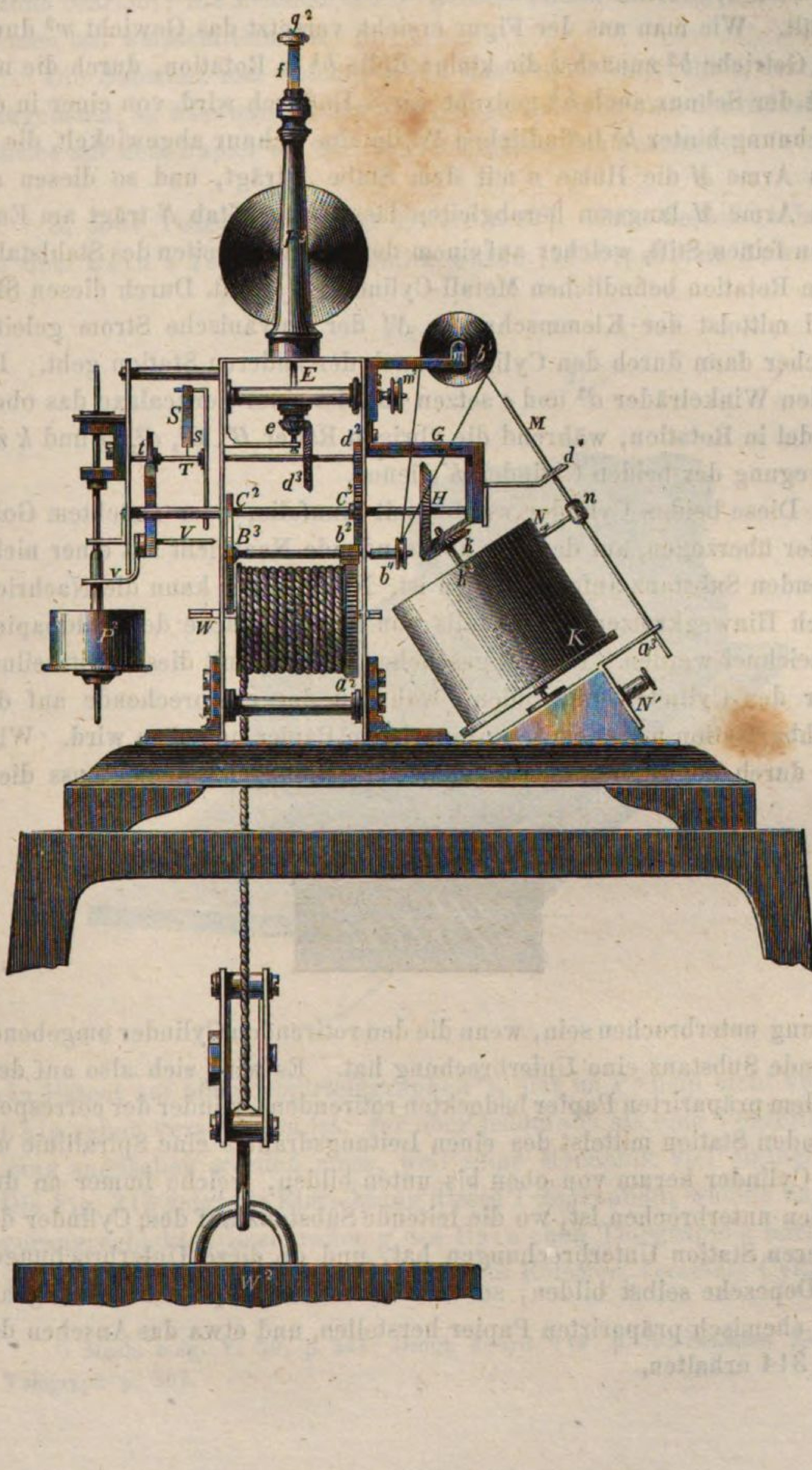


2. Der Telegraph von Bain. Im Jahre 1850 erhielt Bain in England ein Patent auf seinen elektrochemischen Copirtelegraphen[1]) von dem Fig. 313 ein Bild in der Seitenansicht giebt.

Die ganze Vorrichtung dient dazu zwei Cylinder in Rotation zu setzen, von denen hier nur der eine *K* zu sehen ist, während der andere von diesem verdeckt wird. An dem oberen Theile des Apparates befinden sich zwei Säulen, von denen man hier nur die eine F^3 sieht. Diese beiden Säulen sind durch einen Querstab verbunden, von dessen Mitte ein rotirendes Pendel herabhängt, das die Figur hinter der Säule F^3 zeigt. Ein zweites Pendel P^2 dient zur vollständigen Regelung des Ganges der Maschine. Die Axe des Winkelrades d^3 enthält nämlich an der hinteren Seite des Gestells einen Arm *s*, an dessen einem Ende eine krumme Stahlfeder *S* befestigt ist. Das innere Ende der Feder ist mittelst eines kurzen Fadens mit einer unabhängigen Axe *T* verbunden, welche ein schneckenförmiges Rad *t* trägt, das zwischen zwei um eine Axe *V* oscil-

1) Mech. Mag. 1850 N. B. 83; Dinglers Journ. 117, p. 40.

Fig. 313.



lirenden Lappen rotirt und abwechselnd mit ihnen in Eingriff kommt. Diese Lappen sind mittelest einer Krücke *v* mit dem verticalen Pendel P^2 verbunden, welches so den Gang des rotirenden Pendels stets normal erhält. Wie man aus der Figur ersieht, versetzt das Gewicht w^2 durch das Getriebe b^2 zunächst die kleine Rolle b^4 in Rotation, durch die mittelst der Schnur auch b^5 gedreht wir. Dadurch wird von einer in der Zeichnung hinter b^5 befindlichen Welle eine Schnur abgewickelt, die an dem Arme *M* die Hülse *n* mit dem Stabe *N* trägt, und so diesen auf dem Arme *M* langsam herabgleiten lässt. Der Stab *N* trägt am Ende einen feinen Stift, welcher auf einem der zu beiden Seiten des Stahlstabes *M* in Rotation befindlichen Metall-Cylinder *K* streift. Durch diesen Stab wird mittelst der Klemmschraube *N'* der galvanische Strom geleitet, welcher dann durch den Cylinder nach der anderen Station geht. Die beiden Winkelräder d^3 und *e* setzen mittelst einer Verticalaxe das obere Pendel in Rotation, während die übrigen Räder B^3, C^3, d^2, *H* und *k* zur Bewegung der beiden Cylinder *K* dienen.

Diese beiden Cylinder werden mit Zinnfolie, oder unächtem Goldpapier überzogen, auf dem die abzusendende Nachricht mit einer nichtleitenden Substanz aufgeschrieben ist. Noch besser kann die Nachricht durch Hinwegkratzen des Metalls von der Oberfläche des Goldpapiers verzeichnet werden. Ist dies geschehen, so wird mit dieser Mittheilung einer der Cylinder umwunden, während der entsprechende auf der Nachbarstation mit chemisch präparirtem Papier umgeben wird. Wird nun durch den Stab *N* der galvanische Strom geleitet, so muss diese

Fig. 314.



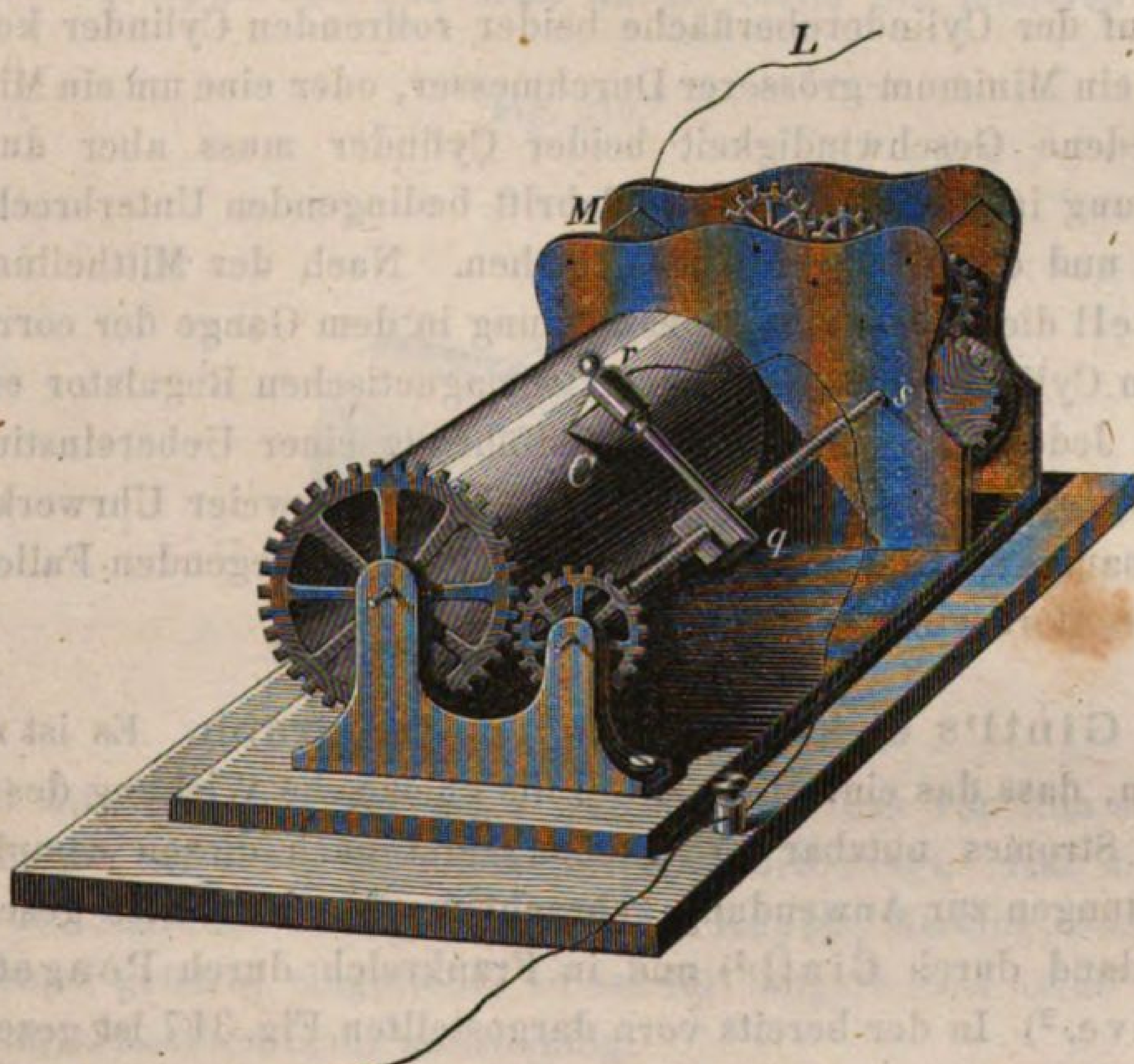
Leitung unterbrochen sein, wenn die den rotirenden Cylinder umgebende leitende Substanz eine Unterbrechung hat. Es wird sich also auf dem mit dem präparirten Papier bedeckten rotirenden Cylinder der correspondirenden Station mittelst des einen Leitungsdrahtes eine Spirallinie um den Cylinder herum von oben bis unten bilden, welche immer an den Stellen unterbrochen ist, wo die leitende Substanz auf dem Cylinder der anderen Station Unterbrechungen hat, und da diese Unterbrechungen die Depesche selbst bilden, so wird sich diese Depesche allmälig auf dem chemisch präparirten Papier herstellen, und etwa das Ansehen der Fig. 314 erhalten.

Es leuchtet ein, dass man die Depesche auch so herstellen kann, dass man mit einem leitenden Material auf einer nicht leitenden Oberfläche schreibt; die Zeichen der Depesche bilden alsdann Punkte und Linien auf weissem Grunde.

Die Substanz mit welcher Bain das Papier anfeuchtet, ist Blutlaugensalz, so dass mittelst des vom galvanischen Strome durchflossenen Stiftes auf dem Papier eiu Strich von Berliner Blau entsteht.

3. Der Telegraph von Bakewell. Ende desselben Jahres, in dem Bain's Telegraph patentirt wurde (1850), erhielt Bakewell

Fig. 315.



ein Patent auf einen Copirtelegraphen[1]), der im Princip nicht von dem Bain'schen verschieden ist, der aber jedenfalls als eine Vervollkommnung angesehen werden muss, weil seine Mechanik viel einfacher ist. Die Fig. 315 zeigt die Einrichtung dieses Telegraphen, welche nach der vorangeschickten Beschreibung des Bain'chen Telegraphen leicht klar wird. Der von einem Uhrwerk bei *M* in Rotation versetzte Cylinder *C*

[1]) Mech. mag. V. 50, p. 544; Dingl. Journ. 119, p. 75; Schellen. Elektrom. Telegraph p. 307.

dreht gleichzeitig durch die vorn sichtbaren Zahnräder die Schraube, auf der sich die Mutter *q* befindet, diese trägt den Stift, welcher durch die bei *r* hergestellte Leitung die Spirallinien auf dem Cylinder zeichnet, während er durch die sich drehende Schraube allmälig von einem zum anderen Ende fortgeführt wird.

Man wird anerkennen, dass bei beiden Apparaten eine der Hauptschwierigkeiten darin besteht, die beiden Walzen, auf denen an den beiden Stationen die Stifte zeichnen, genau in einen solchen Gang zu bringen, das auf beiden Stationen die Stifte zu gleicher Zeit einen Umlauf vollenden. Denn es ist klar, dass die auf der einen Station verzeichneten Striche auf der anderen nicht zu Stande kommen können, wenn nicht die nöthigen Unterbrechungen des Stromes genau an dieselbe Stelle auf der Cylinderoberfläche beider rotirenden Cylinder kommen. Ein um ein Minimum grösserer Durchmesser, oder eine um ein Minimum verschiedene Geschwindigkeit beider Cylinder muss aber durchaus Verwirrung in die Lage der die Schrift bedingenden Unterbrechungen bringen und dieselbe undeutlich machen. Nach der Mittheilung soll Bakewell die genaue Uebereinstimmung in dem Gange der correspondirenden Cylinder durch einen elektromagnetischen Regulator erreicht haben. Jedenfalls bedarf die Herbeiführung einer Uebereinstimmung des Ganges beider Cylinder anderer Mittel als zweier Uhrwerke, um eine Genauigkeit zu erreichen, wie sie in dem vorliegenden Falle unbedingt erfordert wird.

4. Gintl's elektrochemischer Telegraph. Es ist zu verwundern, dass das einfachste Mittel die chemische Wirkung des galvanischen Stromes nutzbar zu machen, erst nach diesen complicirten Vorrichtungen zur Anwendung gebracht worden ist. Dies geschah in Deutschland durch Gintl [1]) und in Frankreich durch Pouget-Maisonneuve. [2]) In der bereits vorn dargestellten Fig. 317 ist gezeigt, in welcher Weise von den genannten Erfindern die chemische Wirkung verwandt ward, übrigens behielten sie die Form des Morse'schen Telegraphen bei. Während Pouget sich des Relais bedient, lässt Gintl auch dieses weg und hebt es als einen besonderen Vorzug seines chemischen Telegraphen hervor, dass derselbe keines Relais bedarf. Er sagt:

„Lässt sich auch die äusserst sinnreiche Construction des Morseschen Schreibtelegraphen nicht in Abrede stellen, so muss man doch

[1]) Brix Journ. I, p. 4. [2]) Compt. rend. 1856; Dinglers Journ. 140, p. 185.

dem Zeugnisse der Erfahrung gemäss offen bekennen, dass wegen der sehr schwierigen Einstellung der dabei in Anwendung gebrachten Relais und der grossen Unsicherheit des Ganges seiner Funktionen die praktische Brauchbarkeit des ganzen Apparates einen bedeutenden Eintrag erleidet. Hierzu kommt noch der grosse Widerstand, der durch das Relais in den galvanischen Kreis gebracht wird."

„Zur Beseitigung dieser Uebelstände bleibt keine andere Wahl, als auf den Gebrauch des Relais zu verzichten und ein anderes nicht minder empfindliches, aber einfacher und verlässlicher wirkendes Hülfsmittel zur Erzeugung der telegraphischen Zeichen anzuwenden."

Gintl entfernt also das Relais und den Schreibmagneten des Morseschen Apparates und setzt an die Stelle des letzteren den in

Fig. 316.

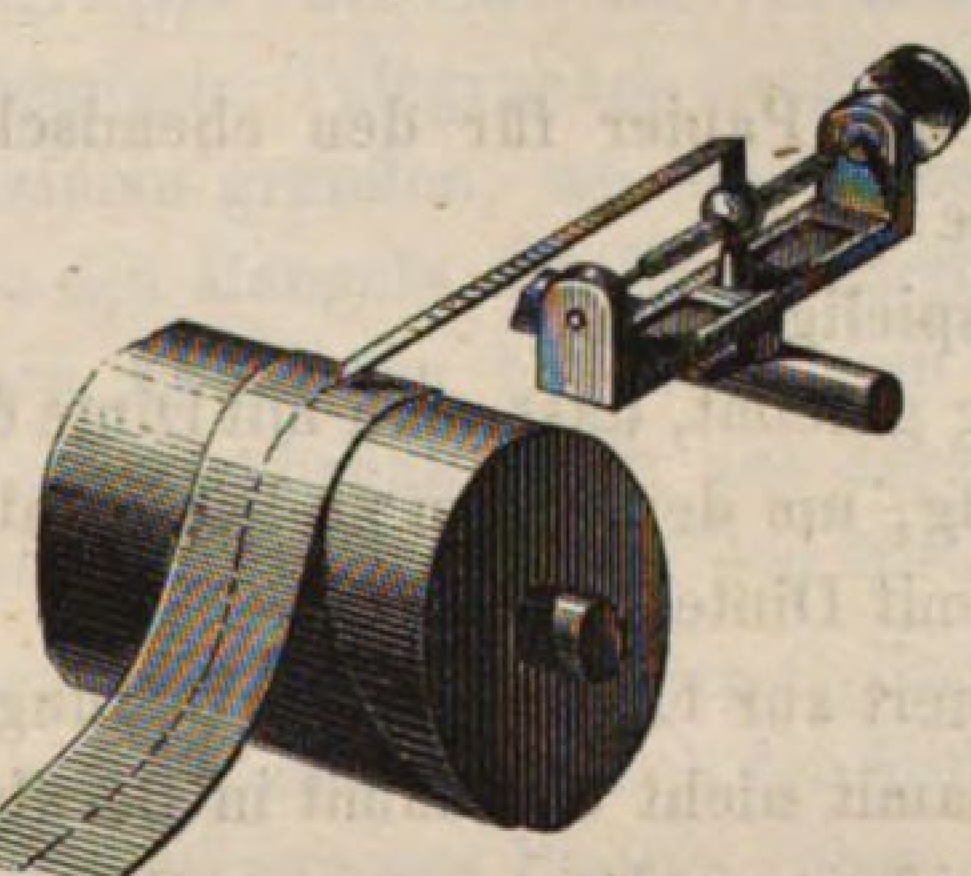


Fig. 316 dargestellten Stift, unter welchem sich das von ihm stets berührte Papier in der gewöhnlichen Weise fortbewegt. Hat man den mittelst der Schraube bewegbaren Stift aus Kupfer, Messing, Stahl oder Eisen einmal gehörig eingestellt, so ist für längere Zeit keine weitere Regulirung desselben mehr nothwendig.

Die Zeichen werden mit dem gwöhnlichen Morseschen Schlüssel gegeben.

Das angewandte Papier tränkt Gintl mit einer Lösung von

1 Gewichtstheil Jodkalium,
20 „ dick gekochten Stärkekleister,
40 „ Wasser.

Ueber dem Papierstreifen, welcher behufs der Leitung mit einer Alaunlösung oder sehr stark verdünnter Schwefelsäure benetzt wird, fährt alsdann der Stift hin und macht mittelst des hindurchgehenden

galvanischen Stromes auf dem Papier einen blauen Strich oder Punkt, je nachdem er lange oder kurze Zeit die leitende Verbindung unterhält.

Hinsichtlich der Vortheile dieses Telegraphen ist seine viel grössere Einfachheit im Gegensatze zum Morseschen, sobald ohne Relais auf weite Strecken telegraphirt werden kann, hervorzuheben. Ueber einen Versuch mit demselben am 18. Sept. 1854 in Berlin sagt der Bericht, dass die Zeichen auf der 105 Meilen langen Strecke bis Amsterdam sehr gut gegeben worden, und dass auch die Zeichen auf diesem Apparate wie mittelst eines gewöhnlichen Morse noch gut ausfielen, als die zuvor 36 Daniellsche Elemente enthaltende Batterie bis auf 6 ermässigt wurde. Bei weiterer Verringerung der Zahl der Elemente auf 4 war die Schrift auf dem chemischen Apparate zwar schwach, aber noch lesbar, bei dem Morseschen dagegen nicht mehr verlässlich, und bei der Anwendung von nur 3 Elementen endlich hörte die Wirksamkeit beider Apparate ganz auf.

In Bezug auf das Papier für den chemischen Telegraphen sagt Pouget,[1]) dasselbe muss:

1. wenig kostspielig sein,
2. stark genug geleimt, dass man mit Dinte darauf schreiben kann,
3. feucht genug, um den Strom zu leiten, aber nicht zu feucht für die Schrift mit Dinte,
4. etwas gesäuert zur Erhöhung der Leitungsfähigkeit, doch nicht zu stark, damit nicht die damit in Berührung kommenden Metalle angegriffen werden.
5. Das Präparat muss durch den Strom leicht zersetzt werden und
6. bei der Zersetzung ein stark gefärbtes unveränderliches Salz geben.
7. Die Darstellung desselben muss einfach sein, damit es auf den Stationen selbst hergestellt werden kann.
8. Es muss keine besondere Papiermasse verlangen, und
9. keine strenge Innehaltung der Mischungsverhältnisse erfordern.

Pouget stellt das erforderliche Präparat zusammen aus:

10	Theilen	Wasser,
150	„	krystallisirtem salpetersaurem Ammoniak,
5	„	Kaliumeisencyanür (gelbes Blutlaugensalz):

In Bezug auf die Brauchbarkeit des elektrochemischen Telegraphen überhaupt heisst es in der Eisenbahnzeitung:[2])

[1]) Compt rend. XLI, p. 147; Brix Journ. II, p. 278. [2]) Brix Journ. II, p. 279.

„Es unterliegt keinem Zweifel, dass der so verbesserte elektrochemische Schreibapparat grosse Vorzüge vor dem gewöhnlichen Morseschen Apparat besitzt, allein ein im Memoire nicht berührtes grosses praktisches Hinderniss gegen die Einführung des chemischen Apparates bleibt der Umstand, dass die Zeichen ganz geräuschlos hervorgebracht werden, also der Beginn des Telegraphirens nicht durch das Gehör wahrgenommen wird, und der bei dem gewöhnlichen Morseschen Apparat so bequeme Anruf bei dem chemischen durch eine besondere Weckervorrichtung ersetzt werden müsste. Auch ist unseres Wissens noch keine Methode angegeben worden, nach welcher das Uebertragen der Depeschen mit dem chemischen Apparate ebenso gut und einfach wie mit dem gegenwärtigen Morseschen Apparate möglich wäre."

5. Der Pantelegraph von Caselli. In neuerer Zeit sind noch einige andere elektrochemische Telegraphen hergestellt worden, welche sich auf dieselben Prinzipien gründen, wie die bisher erwähnten. Da ihre Anwendung wegen des Mangels der Einfachheit im Vergleiche mit den bisher besprochenen Apparaten bis jetzt noch keine grosse Verbreitung gefunden hat, so beschränken wir uns darauf die wesentlichen Unterschiede dieser neuen Erfindungen von den früheren anzugeben.

Der Telegraph von Caselli hat statt des Cylinders bei den Apparaten von Gintl und Bakewell, auf denen sich der Stift bewegt, eine oder vielmehr zwei cylindrisch gekrümmte Platten, über denen sich die chemischen Schreibstifte hinbewegen. Der Synchronismus auf den correspondirenden Stationen wird bei diesem Apparate durch zwei Pendel unterhalten, welche bei einer Länge von 2 Meter unten eiserne Scheiben tragen, die durch beiderseitig angebrachte Elektromagnete in gleichmässigem Gange erhalten werden. Die Bewegung der Pendel wird auf zwei mit einander verbundene Stifte übertragen, die dann hin und herschwanken und so auf den unter ihnen befindlichen gekrümmten Platten abwechselnd auf der einen und andern parallele Striche verzeichnen, die von den erforderlichen Stellen, wie vorher erwähnt, unterbrochen werden, und so eine Schrift, oder ein Bild zurücklassen.

Zur Erregung der Elektromagnete für die Regulirung des Pendelganges ist eine besondere Batterie in Thätigkeit.

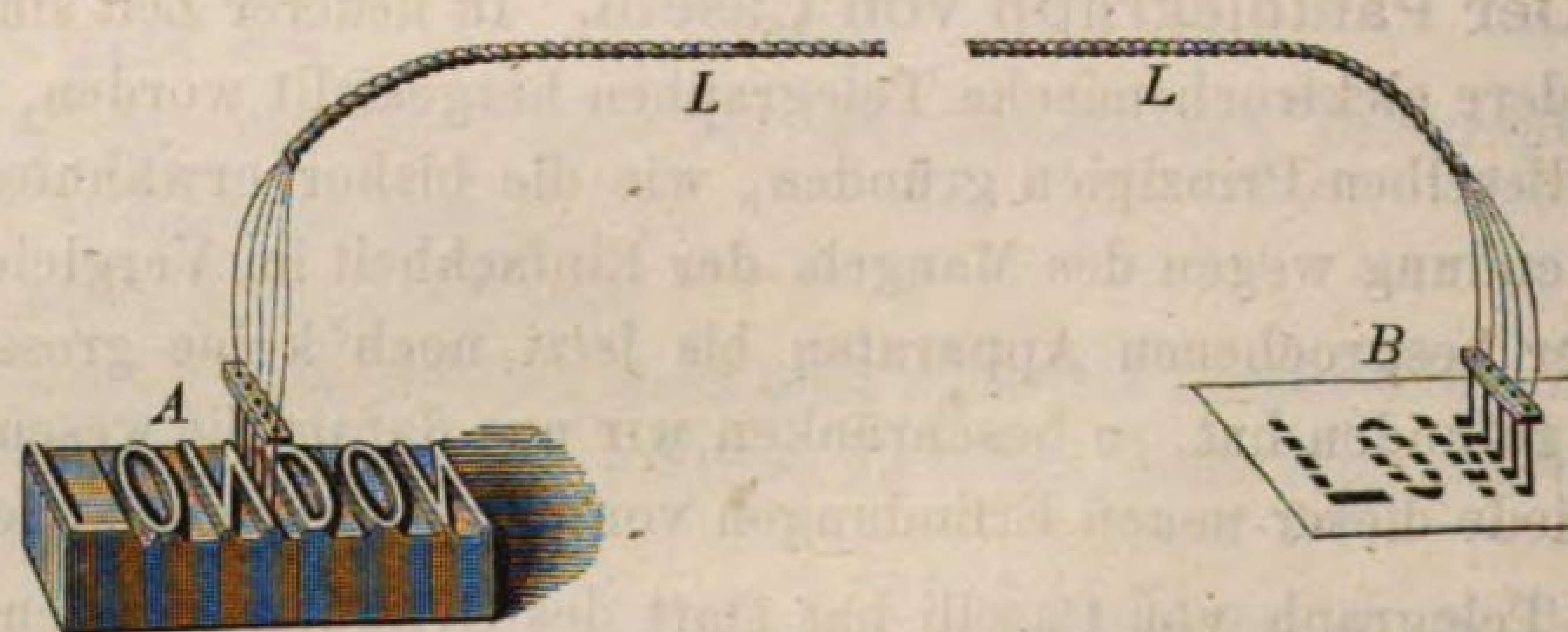
Ausserdem wendet Caselli noch Lokalbatterien an, welche dazu dienen, das Ansteigen und allmälige Abnehmen der Stromstärke in der Weise zu reguliren, dass der Entladungsstrom durch einen schwachen entgegengesandten Strom unwirksam gemacht wird, ebenso wie der

Beginn des ankommenden Stromes durch eine Lokalbatterie verstärkt wird.

Dieser Telegraph ist nun ausserdem noch mit einem Morse verbunden, um neben diesem Telegraphiren auch die gewöhnlichen Verständigungen bewirken zu können. Dass aber dies nothwendig ist dürfte wohl nicht sehr zum Vortheile dieser ganzen Einrichtung sprechen.

6. Der chemische Telegraph von Bonelli. Der Erfinder des elektromagnetischen Webestuhles hat sich ebenfalls mit der Anwendung der chemischen Wirkung des galvanischen Stromes behufs telegraphischer Mittheilung beschäftigt. Die von ihm angewandte Methode ist anderer Art als die bisher besprochenen.

Fig. 317.



Wir haben schon vorn bei Besprechung der automatischen Telegraphen von Siemens und Wheatstone gesehen, dass die Versendung der Depeschen vorbereitet wird, in der Weise, dass entweder wirklich Typen gesetzt werden, oder dass ein gelochtes Papier als Zeichengeber benutzt wird. Diesem Verfahren sich anschliessend versendet nun Bonelli seine Depeschen in folgender Weise.

Die Depesche wird in grossen lateinischen Lettern aus Metall gesetzt. Ueber diesen Lettern streift nun ein Kamm aus fünf Metalldrähten hin, dessen einzelne Drähte von einander isolirt sich in einem Kabel aus fünf Drähten bis zur Adressstation fortpflanzen und hier wieder auf einem Papierstreifen fünf Punkte machen, aus denen der telegraphirte Buchstabe erkannt wird. Diese Art des Telegraphirens wird aus der Fig. 317 deutlich erkannt.

Sind z. B. auf der Station A die Typen *LONDON* gesetzt, und die fünf Stifte streifen so über diesen hin, dass die beiden äussersten die Ränder derselben oben und unten berühren, und die drei andern auf der Länge derselben gleichmässig vertheilt sind, so werden dieselben

auf der Station B die Zeichen machen, welche die Fig. 318 darstellt. In dieser Weise wird eine zuvor gesetzte Depesche übertragen.

Der Leser wird erkennen, dass bei dieser Art des Telegraphirens gar nicht Synchronismus erforderlich ist; denn bei langsameren Bewegen des Papiers auf der Adressstation werden nur die Buchstaben der gebenden Station etwas mehr in die Breite gezogen erscheinen, wogegen bei Beschleunigung dieses Papiers die Buchstaben etwas in der Breite verkürzt erscheinen müssen.

Die Stifte der Kämme bestehen aus Platin, während das Papier mit salpetersaurem Manganoxyd $Mn_2\,O_3$, $N\,O_5$ getränkt ist, welches durch den Strom in salpetrige Säure $N\,O_3$ und Mangansuperoxyd $Mn\,O_2$ zersetzt wird, von denen die erstere erweicht, während $Mn\,O_2$ sich als dunkelbraune Striche auf dem Papier zeigt.

Vergegenwärtigen wir uns, wie die einzelnen Kammspitzen wirken müssen, so wird klar, dass eine jede vor der anderen unabhängig ihren Eindruck hervorrufen muss. Soll nun dieser für alle Fälle gleich stark sein, so kann dies nicht anders hervorgebracht werden, als dass durch eine jede der Spitzen ein von den übrigen unabhängiger Strom geht. Dies ist aber nur möglich durch Anwendung einer besonderen Säule für jeden der fünf Stifte. Da nun für eine jede Leitung durchschnittlich ein Element für die Meile gerechnet werden muss, und da ein jeder chemischer Telegraph fast die doppelte Kraft erfordert, so sind zum Betriebe dieses Telegraphen etwa 500 Elemente auf jeder Station nöthig.

7. Der elektromagnetische Copirtelegraph von Lenoir.

Wir beschliessen die Besprechung der chemischen Telegraphen mit der Erwähnung eines Copirtelegraphen, der die Depeschen durch Copiren derselben befördert, ohne dabei das Princip der vorhergenannten anzuwenden.

Während die vorhererwähnten Telegraphen durch die chemische Wirkung des Stromes ihre Depeschen befördern, thut dies der Telegraph auf mechanischem in der Weise, dass mittelst eines Elektromagneten ein Stift auf ein Papier gedrückt wird, welcher über einer rotirenden Walze gespannt ist. Die Walze ist mit Farbe versehen und so werden durch den Stift auf der Kehrseite des Papiers Striche verzeichnet, welche die Depesche copiren.

Auch bei diesem Telegraphen ist Synchronismus erforderlich, welcher durch einen discontinuirlichen Regulator hergestellt wird. Der

Gang derselben wird durch die Linienbatterie bedingt, während auf beiden Stationen Uhrwerke in Thätigkeit sind.

§ 7.

Das Gegen- und Doppelsprechen.

1. **Ströme in entgegengesetzter Richtung.** Bei der Herstellung der Apparate, mittelst deren man im Stande ist, auf einem und demselben Drahte in entgegengesetzten Richtungen gleichzeitig Depeschen zu befördern, hat sich bei einzelnen Technikern und auch Physikern die Ansicht geltend gemacht, als werde bei diesem Verfahren gleichzeitig ein Strom durch einen und denselben Draht in entgegengesetzter Richtung geleitet. Nach den bisherigen Begriffen über die Elektricität, welche im ersten Abschnitte dieses Buches in ihren Grundzügen dargelegt sind, ist dies aber eine absolute Unmöglichkeit. Nun können zwar diese Begriffe falsch sein; soll aber eine bisher als wahr anerkannte Theorie angefochten werden, so müssen Thatsachen aufgeführt werden, welche nach der bisher angenommenen Theorie unmöglich sind. Sind diese widerstreitenden Thatsachen unleugbar, so ist allerdings die bisher acceptirte Theorie zu verwerfen. Es ist nun die Frage, ob in der That hier Beispiele der Art vorhanden sind. Muss solcher neu entdeckten Erscheinungen wegen eine bisher als richtig angenommene Theorie verworfen werden, so kann man immer die bis dahin bekannt gewesenen Erscheinungen aus beiden Theorien erklären. Es steht also fest, dass beim Auftauchen neuer Hypothesen ein Theil der Erscheinungen aus der einen wie aus der anderen Hypothese erklärt werden kann, der andere Theil muss nebst allen anderen Erscheinungen aus der neuen und nicht aus der bisherigen Theorie gefolgert werden können. Stellt sich dies heraus, so ist die neuere Ansicht als die richtigere zu betrachten; folgen hingegen nicht alle Erscheinungen aus der neuen Behauptung, so ist sie schon an und für sich zu verwerfen, denn sie ist ja dann wenigstens nicht besser als die frühere. In dem vorliegenden Falle ist jedoch das Verhältniss für die neu aufgestellte Behauptung noch ungünstiger, als in dem eben aufgeführten.

Wenn man behauptet, zwei in entgegengesetzter Richtung in einen und denselben Leiter gleichzeitig geleitete Ströme durchflössen denselben in entgegengesetzter Richtung ohne sich zu stören, d. h. ohne im Verhältniss ihrer Stärke einander aufzuheben, so muss dies in allen Fällen nachgewiesen werden können. Giebt es dagegen Bedingungen, unter denen kein Strom sich bemerkbar macht, wenn gleiche Ströme durch den Leiter von entgegengesetzten Seiten her geleitet werden, so wird die Behauptung schon zweifelhaft, sie muss aber unbedingt verworfen werden, wenn die übrigen, auf direktem Wege nicht nachweisbaren Fälle durch die Anschauungsweise erklärt werden können, welche sich durch die erstgenannten Beobachtungen darbietet.

Was nun die Bedingungen der ersten Art betrifft, so sprechen die beiden Fälle, in denen man an der Wirkung in dem Leiter selbst den Strom erkennen kann, durchaus gegen die Ansicht, dass Ströme einen Leiter in entgegengesetzter Richtung ungestört durchfliessen können. Diese beiden Fälle sind die chemische Zersetzung in den Batterien selbst und die Wärmeentwicklung in dem Schliessungsbogen. Man kann sich keine hydroelektrische Kette denken, ohne dass in ihren Zellen eine der Stromstärke entsprechende chemische Aktion stattfände, und andererseits kann man sich keinen Strom denken, der nicht eine dem zu überwindenden Widerstande entsprechende Wärmemenge entwickelte. Nun beobachtet man aber in zwei gleich starken Batterien, die in entgegengesetzter Richtung in einen leitenden Kreis eingeschaltet sind, nicht eine Spur von chemischer Aktion, woraus denn unbedingt folgt, dass kein Strom vorhanden ist. Ebenso wenig zeigt sich Wärmeerregung in einem Drahte, wenn zwei gleiche Batterien einander entgegenwirken, von denen doch jede einzelne den Draht erwärmte. Dies wäre bei dem Vorhandensein entgegengesetzter Ströme nicht möglich, weil jeder der Ströme doch denselben Leitungswiderstand zu überwinden hätte, als da er allein durch den Leiter floss, und ein Widerstand ohne Wärmeerregung nicht denkbar ist. Wir sehen also, dass in den Fällen, in welchen man das Vorhandensein eines Stromes direkt erkennen könnte, sich unter den gegebenen Bedingungen keiner zeigt.

Nach dem Vorangeschickten haben wir nun nur noch zu zeigen, dass in allen übrigen Fällen, wo nur indirekte Mittel zur Erkennung des Stromes existiren, die Erscheinungen sowohl in der einen, wie in der anderen Annahme ihre Erklärung finden, um damit die Haltlosigkeit der genannten Behauptung nachgewiesen zu haben. Dieser

Nachweis wird sich aber bei der Besprechung der Methoden des Gegensprechens ergeben.

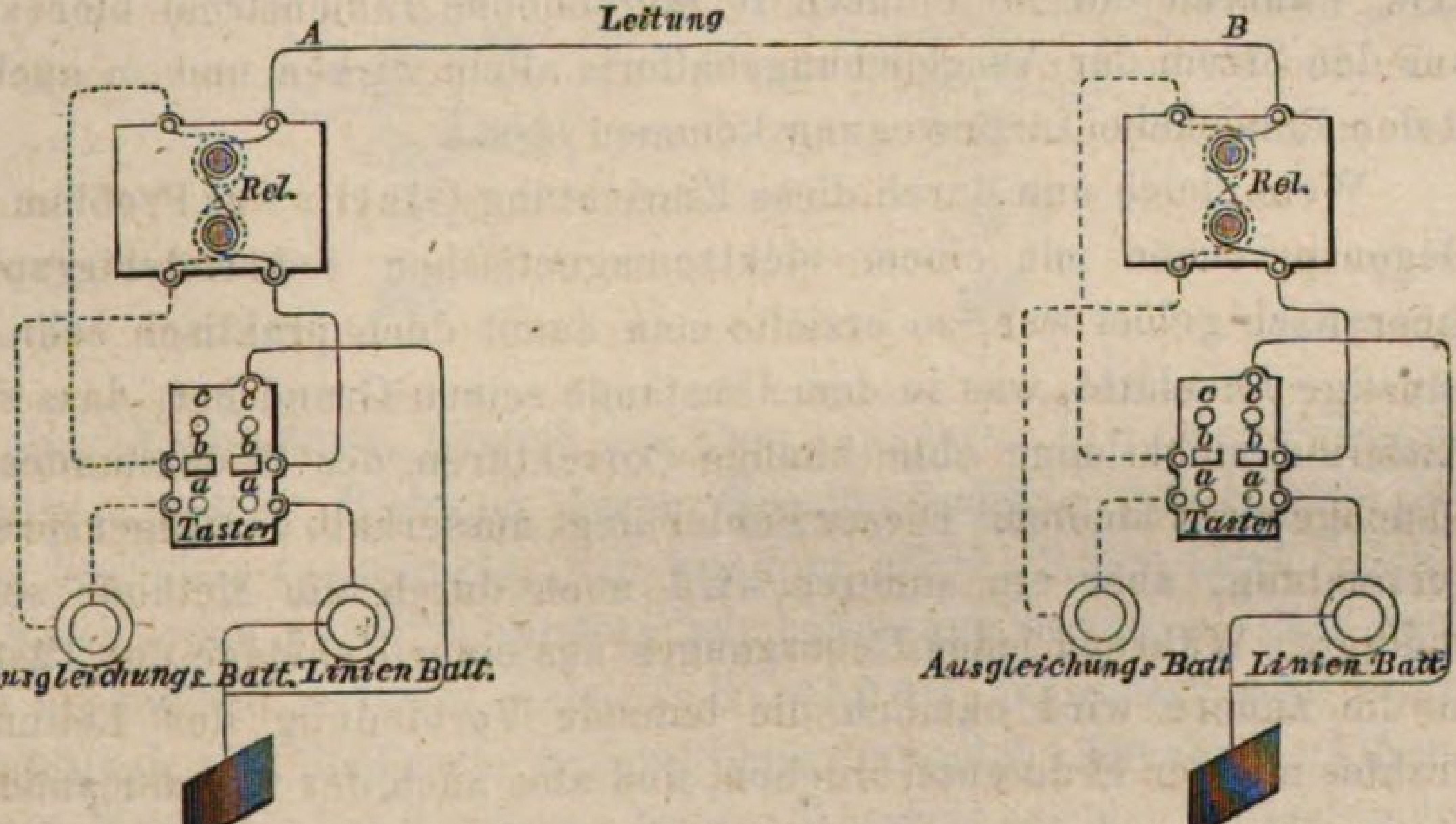
2. Gintl's Einrichtung für elektromagnetische Apparate. Der Apparat, welchen Gintl auf der Linie von Prag nach Wien zuerst anwendete, um mittelst des Morse'schen Schreibtelegraphen gleichzeitig Depeschen in entgegengesetzter Richtung zu befördern, hatte die Einrichtung, dass die Relaismagnete mit doppelten Spiralen umgeben waren, durch deren eine der dem Linienstrome gleiche Strom einer sogenannten Ausgleichungsbatterie gesandt wurde, während durch die andere der Linienstrom wie gewöhnlich, aber in der dem Ausgleichungsstrome entgegengesetzten Richtung ging.

Soll nämlich auf demselben Drahte ein Strom abgesandt werden, und gleichzeitig einer zurückwirken, der das Relais in Bewegung setzt, so ist die Verbindung nicht anders möglich, als dass auch der abgehende Strom durch das Relais geht, weil ja sonst der ankommende auch nicht durch dasselbe würde gehen können. Da nun unter den gewöhnlichen Bedingungen dies deshalb unstatthaft ist, weil ja dann auch durch den von der Station ausgehenden Strom das Relais selbst in Thätigkeit käme, wurde eben die oben genannte Einrichtung getroffen. Mit dem Schluss der Linienbatterie auf jeder Station wurde gleichzeitig durch eine zweite am Taster angebrachte Feder die Ausgleichungsbatterie geschlossen, deren Strom den Relaismagneten am Orte durch die zweite Spirale in entgegensetzter Richtung umkreiste und so den ohne dies erregten Magnetismus verhinderte. Auf diese Weise war es zu Stande gebracht, dass das Relais beim Telegraphiren mit im Kreise sich befand, ohne deshalb anzusprechen. Befand sich auf der anderen Station dieselbe Einrichtung, so musste, wenn daselbst nicht telegraphirt wurde, dort das Relais wie gewöhnlich die Lokalbatterie schliessen etc. Wurde nun aber auf dieser zweiten Station gleichzeitig auch der Schlüssel gedrückt, und waren die beiden Linienbatterien einander entgegengesetzt in den galvanischen Kreis eingeschaltet, so wurden nun — nach Gintl's Ansicht — zwei neue Ströme um das Relais gesandt, die sich in ihrer Wirkung auf den Magnetkern gegenseitig aufhoben, deren einer aber nach der ersten Station gelangte, dort zu den zwei sich ausgleichenden hinzukam und so das Relais zum Ansprechen brachte. So stellte sich Gintl die Sache vor, und man wird erkennen, dass hier der vorn erwähnte Streit über Ströme in entgegengesetzter Richtung zur Sprache kommt. Sehen wir

hier von der, wie Siemens es nennt,[1] „sonderbaren Ansicht" ab, so müssen wir nach unseren bisherigen Begriffen über elektrische Ströme den Vorgang folgendermassen erklären: Wird gleichzeitig mit der ersten Station auf der empfangenden der Taster gedrückt, so vernichtet der in entgegengesetzter Richtung durch die Linie geleitete Strom den ersteren, und die Linie ist ohne Strom, auf beiden Stationen aber sind die Relais durch die Ströme der Ausgleichungsbatterie in Thätigkeit und zwar in Folge der Aufhebung des Linienstromes durch den von der anderen Station in entgegengesetzter Richtung kommenden, gleich starken Linienstrom.

Wir sehen also, dass der Vorgang bei dieser von Gintl getroffenen Einrichtung, welche in der Fig. 318 schematisch dargestellt ist, aus der bisher herrschenden Ansicht über elektrische Ströme erklärt werden kann, und müssen somit nach dem zuvor Gesagten die andere Ansicht als irrthümlich verwerfen.

Fig. 318.



Der Stromlauf bei dieser Einrichtung wird aus der Fig. 318 klar. In den Grundrissen der Doppeltaster führen *b* und *b* zu den Körpern der beiden Tasterhebel, *a* und *a* sind deren Ambosse und *c* und *c* deren Ruhelager.

Wird nun nur auf einer der beiden Stationen z. B. in *A* der Doppeltaster nieder gedrückt, so werden die Linien- und Ausgleichungsbatterie gleichzeitig geschlossen. Der Strom der Linienbatterie geht durch den

[1]) Pogg. Ann. 98, p. 119.

Ambos *a* rechts und den Tasterkörper *b* rechts, durch die innere Umwindung des eigenen Relais in die Leitung, dann auf der entfernteren Station *B* durch die inneren Umwindungen des dortigen Relais, den Tasterkörper *b* rechts und dessen Ruhelager *c* rechts und zur Erde. Da aber auf der Station *A* gleichzeitig der Strom der Ausgleichungsbatterie in entgegengesetzter Richtung durch die äussere Umwindung des Relais geleitet wird, wie das Schema zeigt, so kann in dessen Elektromagnet, wenn beide Ströme gehörig gegen einander ausgeglichen sind, kein Magnetismus erregt werden, und sein Anker bleibt in Ruhe. Dagegen bringt der Linienstrom das Relais auf der Station *B* in Bewegung.

Wird nun gleichzeitig der Taster auf der Station *B* gedrückt, so wird jetzt hier, wie schon besprochen, der Linienstrom von *A* durch den von *B* aufgehoben, und es wirkt auf der Station *B* jetzt der von der Ausgleichungsbatterie über *a* links und *b* links durch die äusseren Relaiswindungen gehende Strom auf das Relais und setzt es in Thätigkeit, während der in *A* durch *B* aufgehobene Linienstrom hier auch nur den Strom der Ausgleichungsbatterie allein wirken und so auch in *A* den Relaishebel in Bewegung kommen lässt.

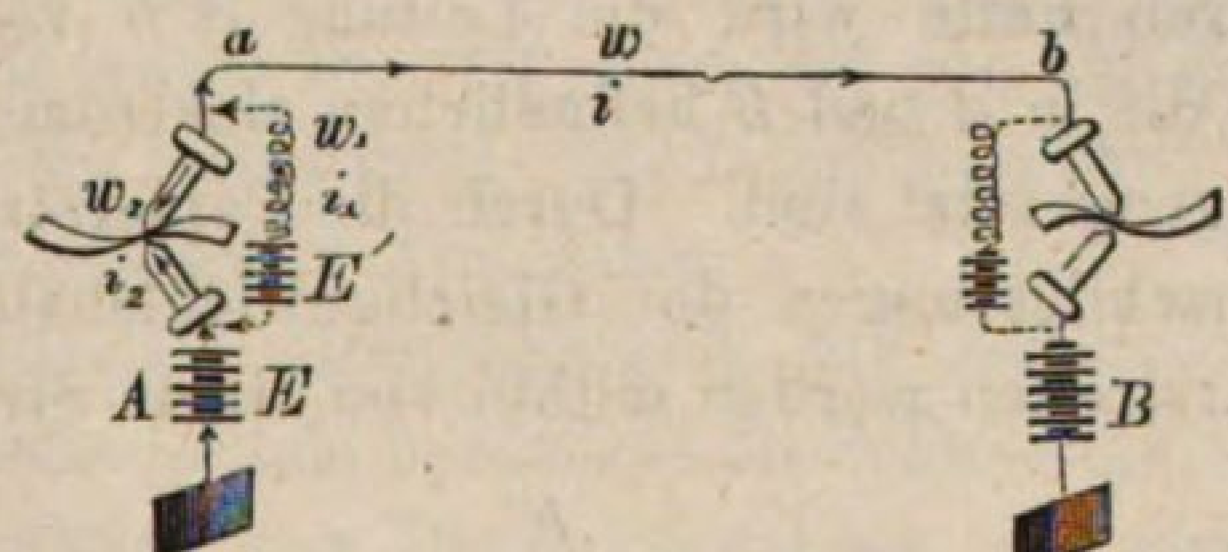
Wenngleich nun durch diese Einrichtung Gintl's das Problem des Gegensprechens mit einem elektromagnetischen Schreibtelegraphen theoretisch gelöst war, so erzielte man damit doch praktisch sehr ungünstige Resultate, was in dem Umstande seinen Grund hat, dass zwei Batterien nicht lange ohne häufige Correkturen des Widerstandes im Gleichgewicht bleiben. Dieser Fehler liegt ausserhalb der Gegensprechvorrichtung, aber ein anderer wird noch durch die Methode selbst bedingt. Während jedes Ueberganges aus einer Ruhelage des Tasters in die andere wird nämlich die leitende Verbindung des Leitungsdrahtes mit der Erde unterbrochen, und also auch der von der anderen Station kommende Strom während dieser Zeit aufgehoben, wodurch nothwendig Störungen der ankommenden Schrift hervorgerufen werden. Dies ist ein Uebelstand, der nach dieser Methode des Gegensprechens nicht zu vermeiden ist.

3. Gintl's Verfahren bei elektrochemischen Telegraphen. Wegen der eben genannten Uebelstände versuchte Gintl das Gegensprechen auf eine vortheilhaftere Weise mit den chemischen Telegraphen ins Werk zu setzen. Stellt nämlich *a b* Fig. 319 die Linienleitung von einer Station zur anderen dar, und sind die beiden unteren Platten die Erdplatten, welche mit der Drahtleitung durch die

mit Salzsäure getränkten Papierstreifen in leitende Verbindung gebracht sind, und ist nun z. B. auf der Station A die Batterie E in den Kreis eingeschaltet; so wird der Strom beide Papierstreifen durchlaufen und an beiden Stationen eine Zersetzung des Elektrolyten, mit welchem sie getränkt sind, bewirken. Nun verlangt aber die Aufgabe des Gegensprechens, dass nur in Station B eine Zersetzung hervorgebracht werde, der Papierstreifen in A aber ungeändert bleibe. Dies lässt sich bewirken durch Einschaltung einer zweiten Batterie E' nebst einem noch zu bestimmenden Widerstande w_1, zwischen die beiden als Anoden dienenden Metallstifte, so dass dieselben einen Zweigdraht eines Wheatstoneschen [1]) Stromnetzes darstellen, in denen kein Strom vorhanden ist.

Wir haben nach dem Vorhergesagten nicht nöthig die Auseinandersetzung Gintl's weiter zu besprechen, in der er zu zeigen sucht, dass

Fig. 319.



bei einer Verbindung, ähnlich der eben genannten Art, zwei Ströme in entgegengesetzter Richtung durch dieselbe Leitung gehen und „ein jeder derselben so anlangte, wie wenn er allein in dem Drahte dahin geleitet worden wäre;“ [2]) sondern wir haben nur zu zeigen, dass nach dem Ohmschen Gesetze, welches Kirchhoff auf diesen Fall angewendet hat, sich die Erscheinungen ohne eine solche Annahme erklären. Diesen Nachweis hat Siemens bei der Besprechung der Methoden des Gegensprechens geführt. [3])

Bezeichnen nämlich E und E' die elektromotorischen Kräfte der in der vorgenannten Weise eingeschalteten Batterien,

w den Widerstand der Leitung zwischen A und B Fig. 319,

w' den der Zweigleitung mit der Batterie E',

w'' den Widerstand des Papierstreifens,

i, i', i'' endlich die in den Widerständen w, w', w'' herrschenden Stromstärken,

[1]) Absch. I. § 4 No. 11. [2]) Brix Journ. II, p. 25. [3]) Pogg. Ann. 88, p. 122.

so ist, wenn durch die Pfeile die Richtung der Ströme angedeutet ist:

$$1)\ w' i' + w i = E + E'$$
$$2)\ w' i' - w'' i'' = E'$$
$$3)\ i' + i'' = i.$$

Aus diesen Gleichungen folgt für den hier zu betrachtenden Fall, das nämlich $i'' = 0$ werden soll:

$$E : E' = w : w'.$$

Es durchläuft mithin den Papierstreifen kein Strom, wenn die Widerstände der Haupt- und Zweigleitung sich wie die elektromotorischen Kräfte der zugehörigen Batterien verhalten. Schaltet nun Station B gleichzeitig mit Station A ihre beiden Batterien E und E' mit dem ebenso abgeglichenen Widerstande w' auf gleiche Weise ein, so sind die beiden Fälle zu betrachten, dass die Batterien der beiden Stationen einander verstärken, oder dass sie entgegengesetzt gerichtet sind. Im letzteren Falle wird die Leitung $a\ b$ von keinem Strom durchflossen, da die in A und B befindlichen elektromotorischen Kräfte gleich und entgegengesetzt sind. Durch die Papierstreifen in A und B sind aber Nebenschliessungen der Gleichgewichtsbatterien E' hergestellt. Die Papierstreifen werden mithin von einem Strome

$$i'' = \frac{E'}{w' + w''}$$

durchflossen. Es tritt daher in diesem Falle gleichzeitig an beiden Stationen eine Zersetzung der Flüssigkeit ein, mit der die Papierstreifen getränkt sind, die jedoch nicht Folge von Strömen ist, welche im Leitungsdraht an einander vorbeigehen, sondern durch Lokalströme der Gleichgewichtsbatterien veranlasst wird, ganz analog dem Vorgange bei der Einrichtung mit den elektromagnetischen Apparaten.

Sind nun die Batterien der beiden Stationen nicht entgegen- sondern gleichgerichtet, so ergeben sich die Gleichungen:

$$1)\ w i + 2 w' i' = 2 (E + E')$$
$$2)\ w' i' - w'' i'' = E'$$
$$3)\ i' + i'' = i$$
$$4)\ \frac{E}{w} = \frac{E'}{w'},$$

woraus folgt, wenn i, i' und E eliminirt werden:

$$i'' = E' \frac{w}{w \cdot w' + 2 w' w'' + w \cdot w''}.$$

Es findet mithin auch in diesem Falle eine gleichzeitige Zersetzung in beiden Papierstreifen statt, welche durch den im Leitungsdrahte herrschenden überwiegenden Strom bewirkt wird.

Auch ohne weiteren mathematischen Nachweis wird man leicht die Richtigkeit der aufgestellten Behauptung einsehen. Der Strom der Säule *E* geht durch die Linienleitung und den in dieselbe eingeschalteten Papierstreifen. Leitet man nun noch eine Ausgleichungsbatterie in entgegengesetzter Richtung durch den Papierstreifen und macht deren Strom so stark, dass er den der Linie an dieser Stelle aufhebt, so muss diese Ausgleichung aufhören, sobald von der anderen Station der Linienstrom verstärkt oder geschwächt wird. In dem einen Falle ist der Strom der Linie, im anderen der der Ausgleichungsbatterie überwiegend und bewirkt das Zeichen.

Siemens bemerkt ferner, dass sich das Gintlsche Stromschema auch zum Gegensprechen mit elektromagnetischen Telegraphen eignet, wenn man die Zersetzungsvorrichtungen durch die Windungen zweier Uebertragungsmagnete ersetzt; doch ist hierbei der Uebelstand der ungleichen Ströme beim Einzel- und Doppelsprechen noch nachtheiliger als bei elektrochemischen Apparaten.

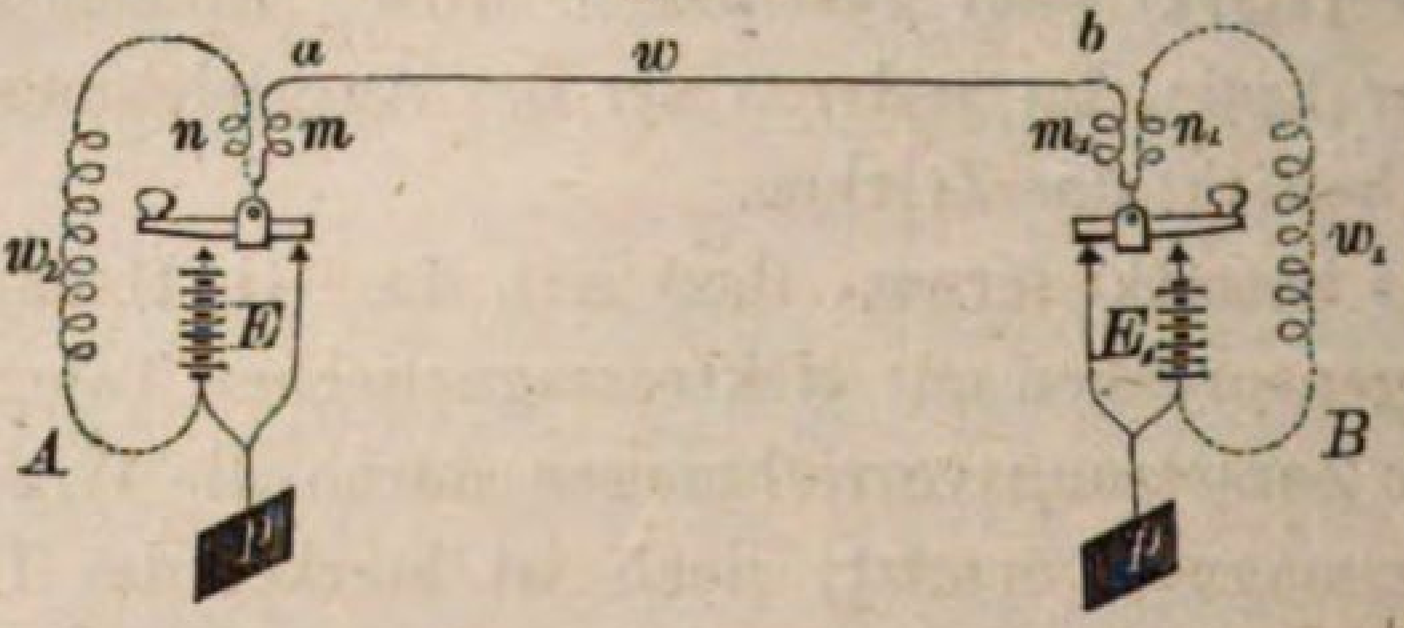
Der praktischen Brauchbarkeit der beschriebenen Gintlschen Gegensprechmethode steht besonders die Schwierigkeit entgegen, welche mit der Construktion von Doppelcontakten, die gleichzeitig und ohne Unterbrechung der Leitung wirken sollen, verknüpft ist. Ueberhaupt eignet sich der elektrochemische Telegraph nur zur Benutzung auf einzelnen, unverzweigten Linien, da er die Uebertragung durch die empfangenden Apparate nicht gestattet.

4. Gegensprechvorrichtung von Siemens und Halske sowie von Frischen. Unabhängig von einander erfanden die genannten Physiker im Jahre 1854 eine Methode zum Gegensprechen mittelst des Morseschen Telegraphen, welche einigen der vorn genannten Mängel abhilft.

In dem Stromschema Fig. 320 sei *a b* der die Stationen verbindende Leitungsdraht, *m* und *n* seien die beiden Spiralen der Relais, *E* die Batterie, w_1 und w_2 zwei regulirbare Widerstände, *p* die Erdplatten. Die Zeichnung giebt den Fall, wo keiner der Taster gedrückt ist. Denken wir nun den Taster *o* der Station *A* niedergedrückt, so geht der Linienstrom durch beide Spiralen des Relais, deren eine durch die Linie zur anderen Station führt, während die andere über den eingeschalteten Widerstand w_2 zur Batterie zurück führt. Der nach der

anderen Station gehende Theilstrom geht dort durch die Relaisspirale m_1 zur Erde. Die Spiralen m und n und der Widerstand w_1 und w_2 müssen nun so geordnet sein, dass die beiden durch m und n gehenden Theilströme einen gleichen aber entgegengesetzt magnetisirenden Einfluss auf den Relaismagneten üben, mithin kein Magnetismus in demselben erzeugt wird. Es wird also durch diese Einrichtung nur das Relais der anderen Station in Thätigkeit gesetzt. Denkt man sich nun gleichzeitig auch den Taster der Station B gedrückt, so findet hier derselbe Stromlauf wie bei A statt, und der Theilstrom, welcher durch a b

Fig. 320.



fliesst, macht nun den Relaismagneten in A magnetisch, entweder dadurch, dass er bei entgegengesetzter Richtung den Strom in a b aufhebt und den durch n gehenden allein wirken lässt, oder dadurch, dass er den in m verstärkt und so stärker als der in n wirkt.

Bei dieser Einrichtung ist der vorn in No. 2 erwähnte Uebelstand des Gintlschen Schema's vermieden, dass nämlich bei der Bewegung des Tasters der Strom der anderen Station unterbrochen wird. Wird nämlich z. B. in B der Taster gedrückt, während von A ein Strom ankommt, so geht, während der Zeit, dass der Hebel den einen Contakt verlassen und den anderen noch nicht berührt hat, der von A kommende Strom über m_1, n_1, w_1 zur Erde. In diesem Falle hat derselbe den Widerstand w und w_1 zu überwinden, und ist also im Falle $m_1 = n_1$ und $w = w_1$, oder überhaupt $m_1 w_1 = n_1 w$ ist, nur halb so stark als zuvor; allein er geht jetzt durch m_1 hin und n_1 zurück und hebt dadurch nicht seine Wirkung auf, sondern verdoppelt sie, weil die Windungen in n_1 auch denen in m_1 entgegengesetzt gewickelt sind, und es gleichgültig ist, ob ein Strom in der einen Richtung durch eine rechts gewundene, oder in der anderen Richtung durch eine links gewundene Spirale geht. Während also der Strom in diesem Falle nur halb so stark ist als im anderen, ist dafür wegen der vermehrten Windungszahl, die gewöhnlich doppelt so gross als zuvor ist, der Magnetismus doch gleich dem früheren.

Als Bedingung für dies wichtige Verhältniss der eben genannten Kräfte erhält man die Gleichung:

$$\frac{m_1 E}{w} = \frac{(m_1 + n_1) E}{w + w_1}$$

welcher ebenfalls genügt wird, wenn man $\frac{m_1}{n_1} = \frac{w}{w_1}$ macht, was für das Gleichgewicht der von der eigenen Batterie ausgehenden Ströme nothwendig ist.

Bei praktischen Ausführungen haben Siemens und Halske in der Regel die Zahl der Windungen beider Spiralen und mithin auch die Widerstände des Haupt- und des Gleichgewichtskreises einander gleich gemacht. Sie thaten dies, weil grössere Widerstände leichter mit für praktische Zwecke ausreichender Genauigkeit auszugleichen sind, die veränderlichen Widerstände der Berührungsstellen dabei weniger in Betracht kommen, hauptsächlich aber um den durch die Leitung gehenden Strom der Batterie nicht durch eine zu kurze Zweigleitung unnöthig zu schwächen und constant zu machen. Da nämlich früher in den Telegraphenbureaus inconstante Batterien, aus Kohlen-Zinkketten mit verdünnter Schwefelsäure bestehend, angewandt wurden, so wird die elektromotorische Kraft derselben sehr schnell durch Polarisation vermindert, wenn ihre Thätigkeit beträchtlich in Anspruch genommen wird. Der ankommende Strom wird bei kurzen Gleichgewichtsleitungen daher namentlich dann sehr verändert werden, wenn die Leitung unvollkommen isolirt ist, und dadurch der abgehende Strom bedeutend verstärkt wird. Auch bei Anwendung constanter Ketten haben kurze Zweigleitungen der Batterie den Nachtheil, dass man viel grössere Elemente namentlich dann anwenden muss, wenn mehrere Apparate durch eine Batterie betrieben werden sollen.

Als Vortheil dieser von Siemens und Halske und von Frischen erfundenen Einrichtung führt Galle noch den an,[1]) dass man beim Einfachsprechen die Collationirung der eigenen zu gebenden Depesche sogleich während des Telegraphirens erhalten kann, indem dann der Apparat der empfangenden Station als Uebertrager wirkt und die Depesche ohne Zuthun der Beamten sofort selbst auf demselben Drahte zurücktelegraphirt, so dass man jeden Augenblick wissen kann, ob die Depesche an der entfernten Station richtig angekommen ist.

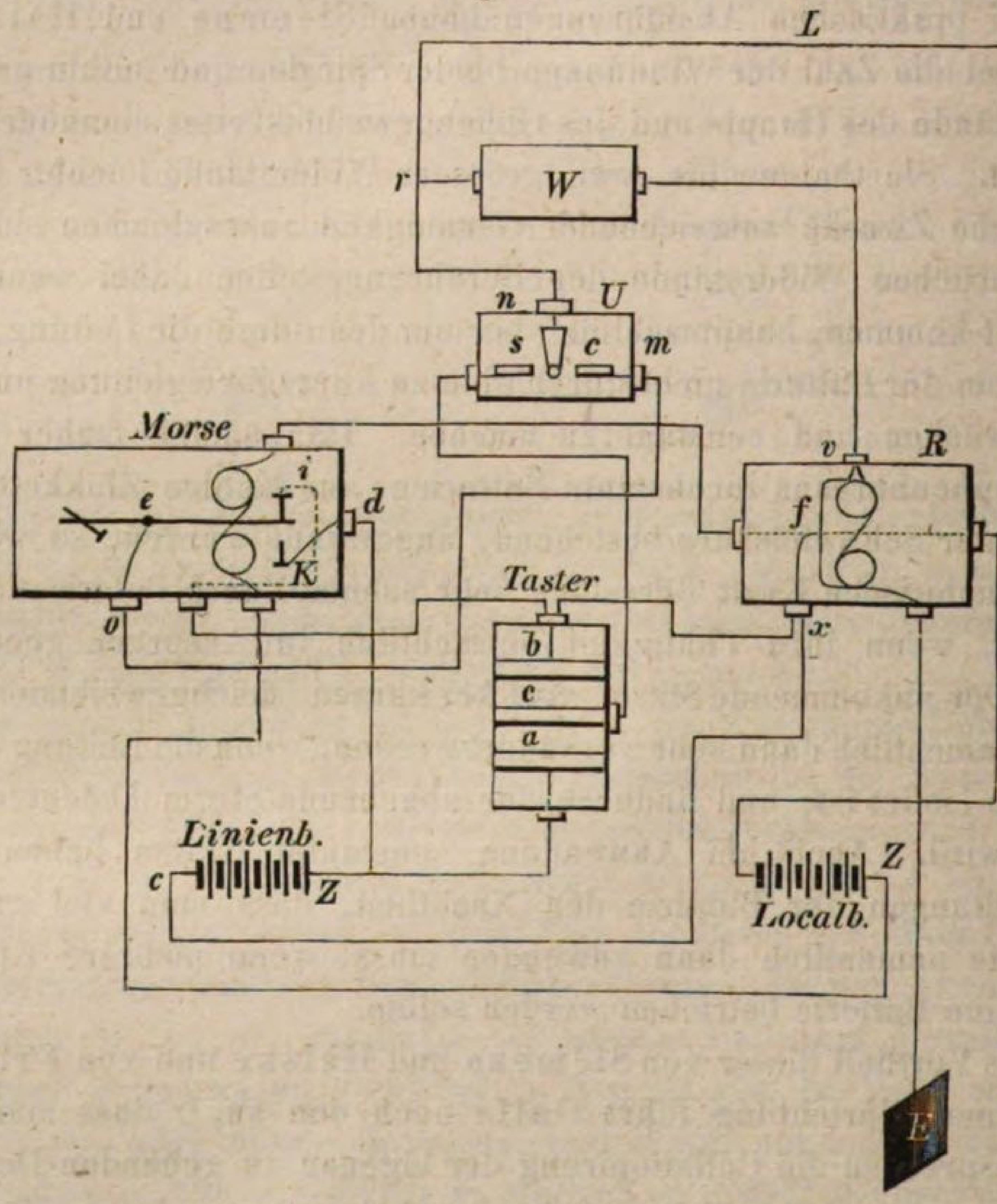
Die empfangende Station muss dann den Schreibhebel, in der Weise wie bei jeder Uebertragung, so mit der eigenen Linienbatterie

[1]) Catechismus der elektr. Telegr. 2. Auflage, p. 175.

verbinden, dass diese durch seine Bewegung geschlossen wird und dann ganz selbständig nach der telegraphirenden Station hin zurücktelegraphirt. Die Fig. 321 giebt die leitenden Verbindungen für den Fall, wenn auf der empfangenden Station zum Controlliren auf der gebenden verbunden ist.

Der Hebel des Umschalters *U* muss alsdann auf *C* gedreht werden. Ist dann der Schreibhebel angezogen auf *K*, so geht der ankommende

Fig. 321.



Strom durch die Linienbatterie; ist er dagegen weder mit *i*, noch mit *K* in Berührung, so geht der Strom von *L* durch den Widerstand *W* zum Relais *R*, ganz analog wie früher beim Durchgange durch den Taster. Der Schreibhebel schliesst nun, so lange er mit der unteren Schraube *K* in Berührung ist, die Linienbatterie nach der telegraphirenden Station hin. Von der Linienbatterie aus geht dann der Strom vom Zink *Z* nach *d*, *k*, *e*, *o*, *m*, *c*, *n*, *r* wo er sich wieder theilt und einer-

seits durch L, andererseits durch W und dann über v in zwei entgegengesetzten Richtungen durch das Relais R geht, welches dadurch nicht afficirt wird. Dann geht der Strom über f und x nach C der Linienbatterie zurück, ganz wie vorher, als die Linienbatterie durch den Taster geschlossen wurde.

5. Hinderniss des Gegensprechens. Durch diese genannten Vorrichtungen müssen wir das Problem des Gegensprechens als vollständig gelöst ansehen. Es ist klar, dass der Hauptgedanke bei den genannten Vorrichtungen in dem Ausgleichen sich begegnender oder combinirender Ströme beruht, welche dann sich gegenseitig vernichten oder verstärken. Dieses Ausgleichen zweier Ströme hat aber bei dem jetzigen Zustande der Telegraphenleitungen so grosse Schwierigkeit, dass die ganze Einrichtung bis jetzt fast gar keine praktische Anwendung gefunden hat. Wir haben bereits vorn gesehen, wie grosse Schwierigkeiten sich einer nur leidlichen Isolirung der oberirdischen Leitungen entgegenstellen, und wie sehr die bessere oder schlechtere Isolirung einer und derselben Linie mit den Witterungsverhältnissen variirt. Es wird daraus klar, dass eine genügende Ausgleichung auf beiden Stationen unter diesen Verhältnissen nicht wohl möglich ist, und dass mithin das Verfahren des Gegensprechens auf einem Drahte erst dann recht zur Geltung kommen wird, wenn es gelungen ist, die Leitungen besser zu isoliren. Hierzu kommt, dass aus demselben Grunde der Stromungleichheit die Ausführung in unterirdischen und unterseeischen Leitungen wegen der auftretenden Ladungserscheinungen und der dadurch hervorgerufenen Stromveränderungen durchaus unmöglich ist.

Nun kann wohl nicht bezweifelt werden, dass die Apparate noch mancher Vervollkommnung fähig sind, jedoch ist anderseits auch klar, dass sie deren jetzt durchaus nicht bedürfen, da bei den noch vorhandenen Mängeln der Leitungen alle Verfeinerungen jener mehr nachtheilig als vortheilhaft wirken. Was soll z. B. ein sorgfältig abgeglichenes, noch für sehr schwache Ströme empfindliches Relais nützen, wenn dasselbe auch so schwache Ströme ertragen muss, dass die Feder zu schwach wird, um bei der stärksten Spannung wegen des remanenten Magnetismus den Anker vom Magneten zu entfernen. Ein solcher Wechsel der Stromstärke ist aber nicht selten und hat seinen Grund in der mangelhaften und in Folge des Feuchtigkeitszustandes der Atmosphäre variirenden Isolirung der Leitung.

Die Sache läuft somit schliesslich darauf hinaus, dass Gegensprechvorrichtungen nur unter der Bedingung möglich sind, dass entweder

die Linienleitungen besser isolirt, oder bei der Ausgleichung Einrichtungen getroffen werden könnten, welche sich mit dem Wechsel in der Linienisolation automatisch dieser Isolirung accommodiren könnten.

Wir machen hinsichtlich einer kritischen Beurtheilung der vorhandenen Einrichtungen auf die Besprechung derselben von Frischen in Brix Journal aufmerksam. [1])

6. Das Doppelsprechen nach der Methode von Stark. Die ersten Angaben über Mittel auf einer Linienleitung gleichzeitig mehrere Depeschen zu befördern datiren aus dem Jahre 1855, und zwar wurde die eine im Maiheft des Civil-Engineer etc. und eine andere von dieser ganz verschiedene von Dr. Stark aus Wien veröffentlicht. Wir besprechen zunächst die Methode von Stark. [2]) Dieselbe besteht darin, mittelst verschieden starker Ströme auf der anderen Station verschiedene Relais in Bewegung zu setzen. Denken wir zwei Taster in Thätigkeit, welche zwei ungleiche Theile einer Batterie schliessen, so dass der eine einen schwächeren, der andere einen stärkeren Strom durch den Liniendraht sendet, so kann man mittelst dieser beiden verschiedenen Ströme zwei Relais in Bewegung bringen, welche so eingerichtet sind, dass das eine nur bei dem schwachen, das andere bei dem starken Strome afficirt wird. Da nun aber bei der gleichzeitigen Thätigkeit beider Taster, wo alsdann die Summe oder Differenz beider Ströme zur Wirkung kommt, auch beide Morseapparate gleichzeitig Zeichen und zwar die entsprechenden geben sollen, so ist für diesen Zweck noch ein drittes Relais in Anwendung. Stark bewirkt also die gleichzeitige Depeschenbeförderung mittelst zweier Taster auf der einen und dreier Relais auf der anderen Station. In welcher Weise dies geschieht, geht aus dem Folgenden hervor.

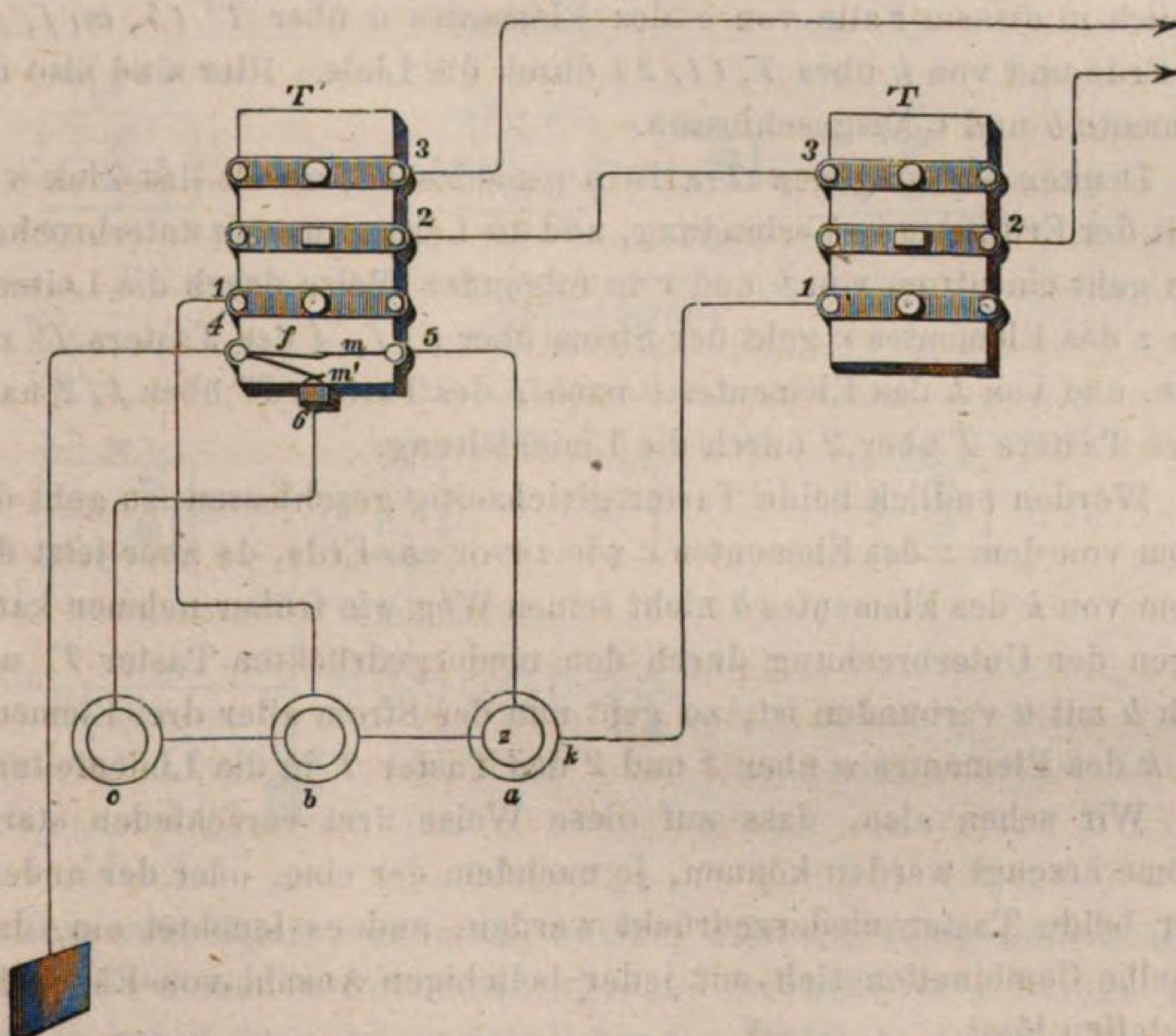
„Sollen von einer Station *A*“, sagt Stark, „zwei verschiedene Depeschen gleichzeitig nach der Station *B*, mithin in derselben Richtung auf einem Drahte telegraphirt werden, so ist offenbar erforderlich, dass die Ströme, die durch das Schliessen des einen und des anderen Tasters der Station *A* nach *B* gesendet werden, verschiedene Wirkungen hervorbringen, nämlich nur je einen der Zeichen gebenden Apparate daselbst in Bewegung setzen; sie müssen daher nothwendig der Richtung oder Stärke nach verschieden sein. Da aber überdies beide Taster, gleichzeitig geschlossen, beide Apparate afficiren sollen, so muss auch der in

[1]) Brix Journal IX, p. 241: Der Gegensprecher von Frischen. [2]) Brix Journal II, p. 220,

diesem Falle in der Leitung circulirende Strom sich von den früheren unterscheiden. Es wird sonach die beabsichtigte Wirkung nur durch Ströme, die durch Richtung und Intensität, oder auch blos durch ihre Intensität verschieden sind, erreicht werden können."

a) Einrichtung der Taster und ihre Verbindungen mit der Säule. Zur Erreichung dieses Zweckes giebt Stark sowohl den Tastern wie den Relais eine eigenthümliche Einrichtung. Was den ersten Punkt betrifft, so wird, bei einer leitenden Verbindung, wie sie die Fig. 322 darstellt, an dem einen Taster *T'* eine Vorrichtung angebracht,

Fig. 322.



durch welche eine in der Ruhelage des Hebels bestehende Verbindung zwischen den Klemmen *4* und *5* beim Niederdrücken desselben aufgehoben, und dafür die Verbindung zwischen *4* und *6* hergestellt wird. Dies kann etwa in der Weise geschehen, dass am Tasterhebel vor dem Hammer ein Schraubenstift mit einem isolirenden Ansatze angebracht ist, der in der Ruhelage des Hebels eine an der unteren Fläche des Brettes befestigte Feder *f* berührt, welche übergreifend an dem Metallstreifen *m* anliegt, beim Niederdrücken des Hebels aber die Feder von

diesem Metallstreifen weg und an das darunter liegende Metallstück *m'* andrückt, wodurch denn die leitende Verbindung zwischen *4* und *5* aufgehoben und jene zwischen *4* und *6* hergestellt wird.

Denken wir nun statt einer grösseren Säule der Einfachheit wegen 3 Elemente *a, b, c* auf folgende Weise mit den beiden Tastern *T* und *T'* verbunden. Das Kupfer von *a* mit der Klemme *1* des Tasters *T*, das Zink desselben mit *5* am Taster *T'* das Kupfer von *b* mit der Klemme *1* von *T'*, und endlich das Zink von *c* mit *6* in Verbindung, so ist das Zink von *a*, so lange als der Hebel des Tasters *T'* nicht niedergedrückt wird, mit der Erde in leitender Verbindung, und der Taster *T* giebt geschlossen den Strom des Elementes *a*. Die Stromverbindung ist nämlich in diesem Falle von *z* des Elementes *a* über *T'* *(5, m, f, 4)* zur Erde und von *k* über *T*, *(1, 2)* durch die Linie. Hier sind also die Elemente *b* und *c* ausgeschlossen.

Denken wir dagegen *T* allein geschlossen, so ist das Zink von *c* mit der Erdplatte in Verbindung, und die Leitung nach *a* unterbrochen. Nun geht ein Strom von *b* und *c* in folgender Weise durch die Leitung. Von *z* des Elementes *c* geht der Strom über *6, f, 4* des Tasters *T'* zur Erde, und von *k* des Elementes *b* nach *1* des Tasters *T'* über *1, 2* nach *3* des Tasters *T* über *2* durch die Linienleitung.

Werden endlich beide Taster gleichzeitig geschlossen, so geht der Strom von dem *z* des Elementes *c* wie zuvor zur Erde, da aber jetzt der Strom von *k* des Elementes *b* nicht seinen Weg wie früher nehmen kann, wegen der Unterbrechung durch den niedergedrückten Taster *T*, und auch *b* mit *a* verbunden ist, so geht nun der Strom aller drei Elemente von *k* des Elementes *a* über *1* und *2* des Taster *T* in die Linienleitung.

Wir sehen also, dass auf diese Weise drei verschieden starke Ströme erzeugt werden können, je nachdem der eine, oder der andere, oder beide Taster niedergedrückt werden, und es leuchtet ein, dass dieselbe Combination sich mit jeder beliebigen Anzahl von Elementen herstellen lässt.

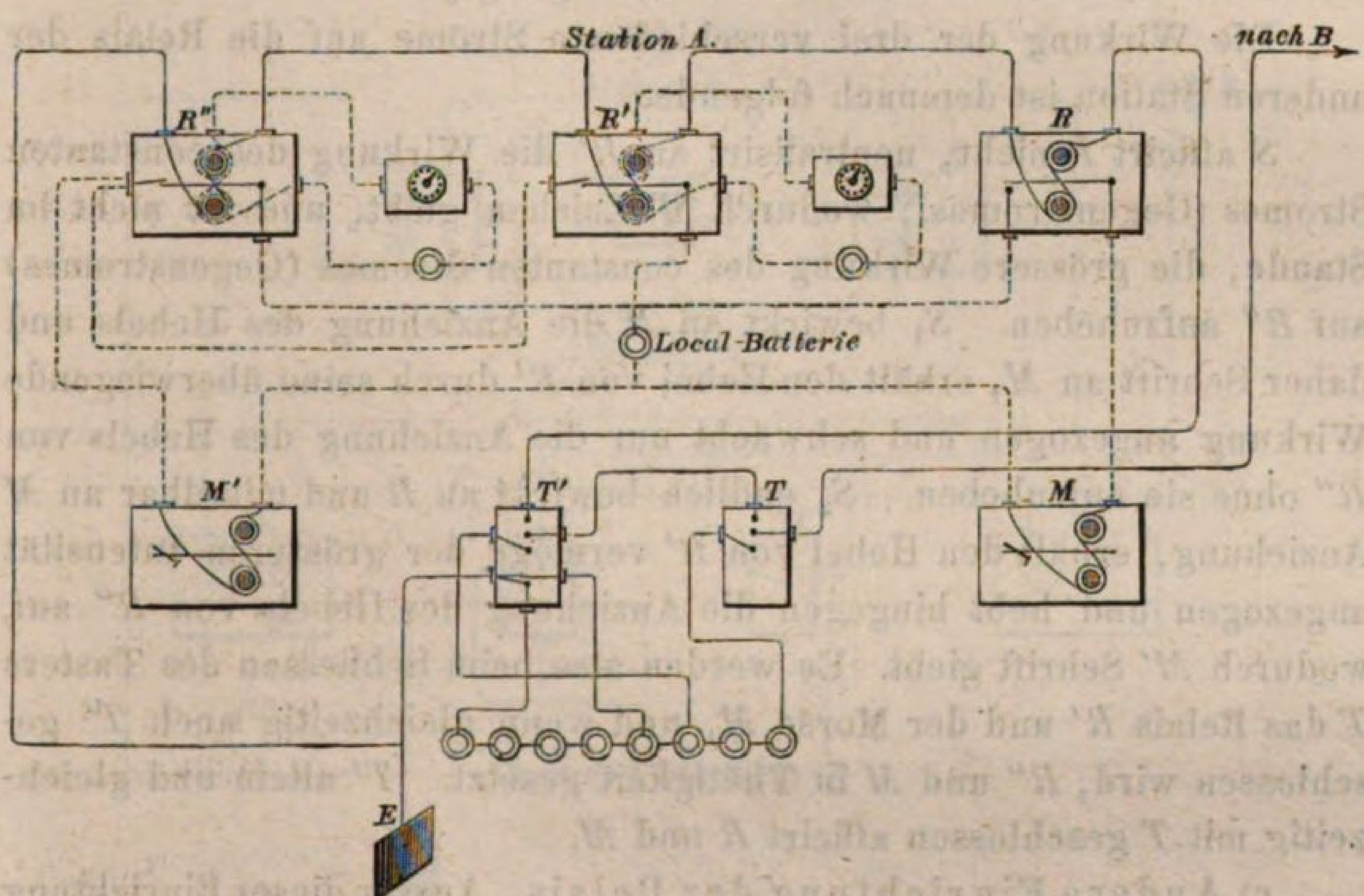
b. Einrichtung der Relais auf der Gegenstation und ihre Verbindung mit den ankommenden Strömen. Es kommt nun darauf an, die Einrichtung der Relais auf der anderen Station und ihre Verbindung mit den ankommenden Strömen so zu machen, dass der eine Morse nur die Zeichen des Tasters *T* und der andere die des Tasters *T'* aufzeichne. Die Fig. 323 stellt die Combination aller Theile dar, bei einer Batterie aus 8 Elementen, die so mit den Tastern verbunden sind, dass 4 derselben dem Taster *T*, 6 dem Taster *T'* und alle zusammen beiden gleichzeitig wirkenden entsprechen.

Die Stromstärke der 4 Elemente mag S, die der 6 S_1 und die aller S_2 heissen.

Spannt man nun die Feder des Relais R so stark, dass dasselbe nur von den beiden Stromstärken S_1 und S_2 afficirt werden kann, nicht aber von S, so wird der mit diesem verbundene Morse M nur die Zeichen des Tasters T', nicht aber die Zeichen des Tasters T geben.

Damit nun der zweite Morse M' nur die Zeichen des auf dem Taster T gegebenen Stromes schreibe, d. h. nur durch die Stromstärken S und S_2, nicht aber durch S_1, in Bewegung gesetzt werde, sind mit

Fig. 323.



demselben zwei Relais verbunden, welche, wie beim Telegraphiren mit constantem Strome, in der Ruhelage die Lokalkette schliessen. Dieselben haben über der gewöhnlichen Spirale noch eine Lage stärkeren Drahtes.

Lässt man nun durch die äusseren Windungen des einen dieser Relais R' einen constanten Strom gehen, der auf die Eisenkerne eine mit der Stromstärke S gleiche, aber bezüglich der Pole entgegengesetzte Wirkung ausübt, so wird die constante Anziehung des Hebels, wobei der Strom der Lokalbatterie nicht geschlossen war, durch die Wirkung des Stromes S aufgehoben, so oft T für sich allein geschlossen wird. Dadurch wird die Lokalkette geschlossen, und der Morse M' giebt Schrift, während durch die überwiegende Wirkung von S_1 und S_2 der

Hebel angezogen bleibt und somit bei der Thätigkeit von T', oder von beiden Tastern keine Zeichen vermittelt werden.

Damit endlich M' die auf T gegebenen Zeichen auch dann aufschreibe, wenn gleichzeitig T' geschlossen wird, oder mittelbar auch durch S_2 eine Einwirkung erleidet, ist das zweite Relais R'' mit demselben verbunden. Durch dessen äussere Windungen geht zu diesem Zwecke ein Strom von gleicher aber entgegengesetzter magnetischer Wirkung wie S_2, so dass der Morse M' auch bei der Intensität S_2 Zeichen giebt.

Es wird also der Morse M' sowohl durch S wie S_2, aber in beiden Fällen durch verschiedene Mittel in Bewegung gesetzt.

Die Wirkung der drei verschiedenen Ströme auf die Relais der anderen Station ist demnach folgende.

S afficirt R nicht, neutralisirt an R' die Wirkung des constanten Stromes (Gegenstromes), wodurch M' Zeichen giebt, und ist nicht im Stande, die grössere Wirkung des constanten Stromes (Gegenstromes) auf R'' aufzuheben. S_1 bewirkt an R die Anziehung des Hebels und daher Schrift an M, erhält den Hebel von R' durch seine überwiegende Wirkung angezogen und schwächt nur die Anziehung des Hebels von R'' ohne sie aufzuheben. S_2 endlich bewirkt an R und mittelbar an M Anziehung, erhält den Hebel von R' vermöge der grösseren Intensität angezogen und hebt hingegen die Anziehung des Hebels von R'' auf, wodurch M' Schrift giebt. Es werden also beim Schliessen des Tasters T das Relais R' und der Morse M, und wenn gleichzeitig auch T' geschlossen wird, R'' und M in Thätigkeit gesetzt. T' allein und gleichzeitig mit T geschlossen afficirt R und M.

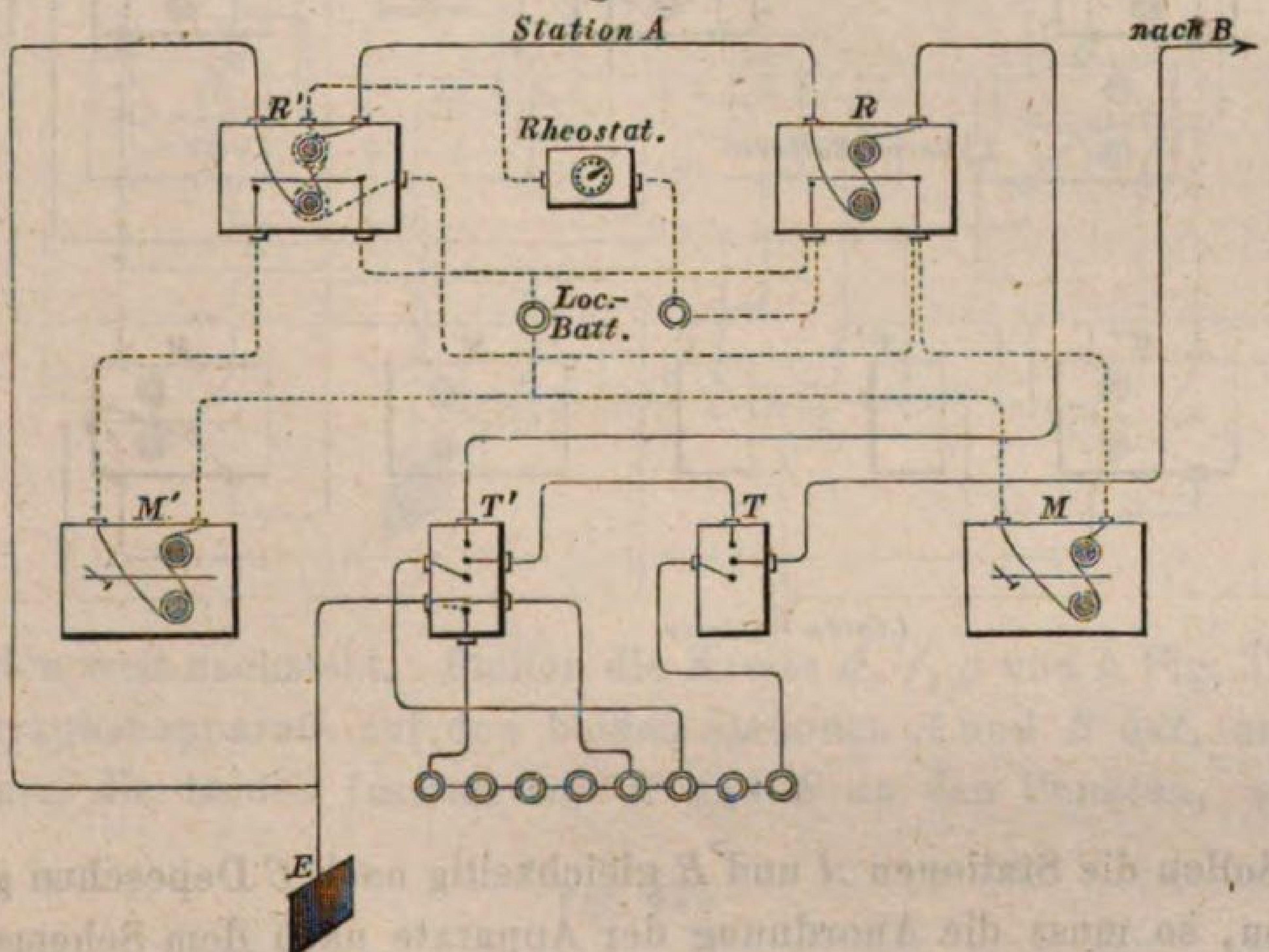
c) Andere Einrichtung der Relais. Ausser dieser Einrichtung der Relais der Gegenstation giebt Stark noch eine andere an, welche unzweifelhaft einfacher ist. Dieselbe ist in Fig. 324 dargestellt.

Statt der drei Relais der vorigen Einrichtung sind nur zwei angewandt, deren eins ebenfalls zwei Spiralen über einander trägt. Diese beiden Relais, sind so adjustirt, dass R wie vorher von den Stromstärken S_1 und S_2, nicht aber von S afficirt wird, während der Hebel von R' auch in Folge der Einwirkung von S angezogen wird. Ferner steht R' so mit R in Verbindung, dass, wenn der Hebel des letzteren angezogen wird, ein lokaler Strom durch die äussere Spirale von R' geht, welcher die Wirkung von S_1 auf dieses Relais aufhebt. Zufolge dieser Anordnung wird daher S das Relais R' und den damit verbundenen Morse M' in Thätigkeit setzen, hingegen R nicht afficiren. S_1 bewirkt eine Anziehung des Hebels von R und M, die Wirkung auf R,

aber wird durch den lokalen Strom aufgehoben. S_2 endlich wirkt auf *R* und mit der Differenz $S_2 - S_1$ auch auf *R'*. Es wird sonach *M* die mittelst des Tasters *T'*, *M'* die mit *T* von der Gegenstation gegebene Schrift aufzeichnen.

d) Doppelsprechen nach verschiedenen Stationen. Durch eine der genannten Methoden ist es nicht nur möglich, dass eine Station *A* gleichzeitig zwei Depeschen nach einer zweiten Station *B* giebt, sondern es kann auch die Station *A* gleichzeichtig zwei Depeschen an zwei verschiedene in derselben Richtung liegende Stationen *B* und *C* befördern.

Fig. 324.



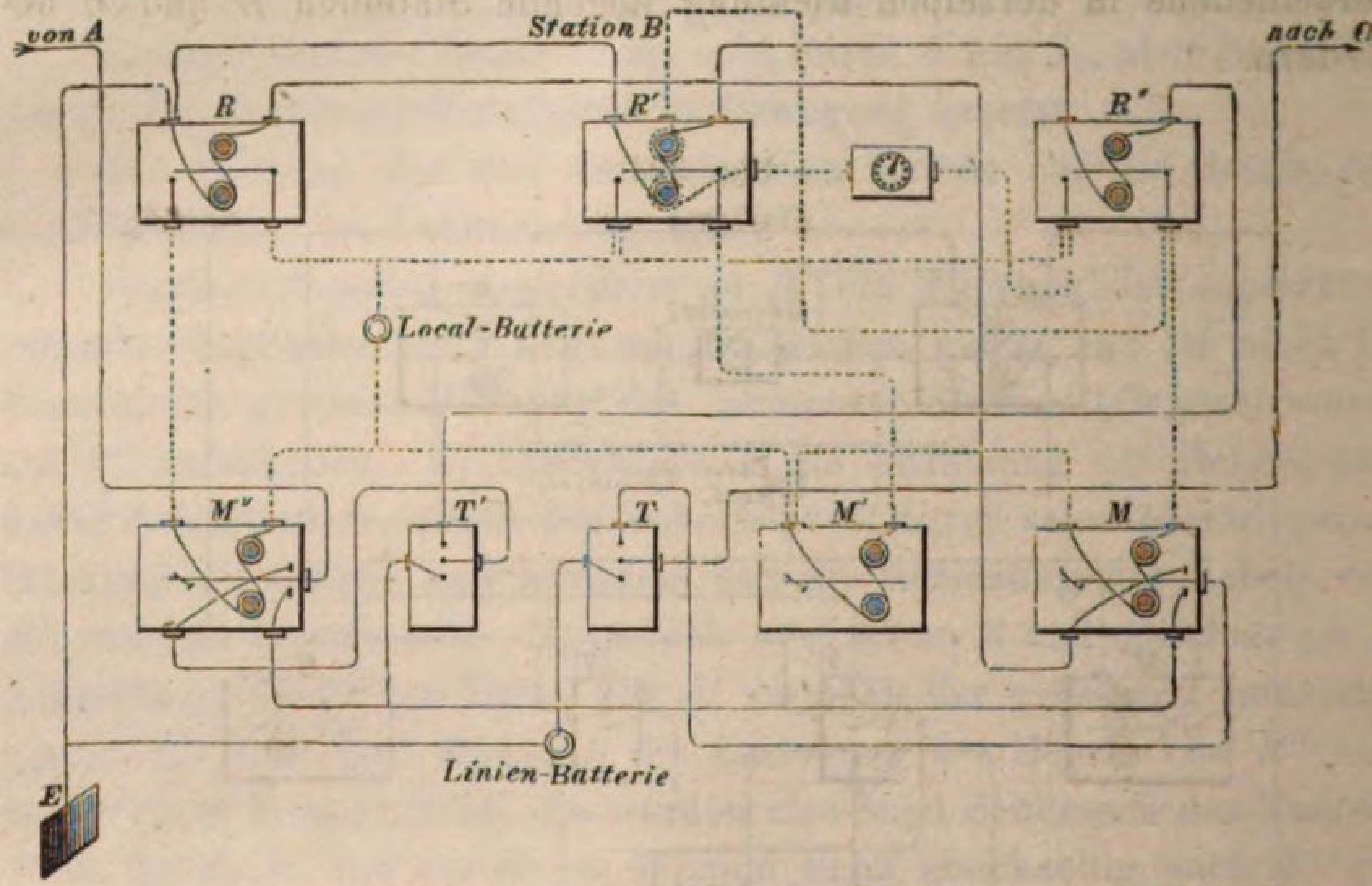
Ist *B* eine sogenannte Mittelstation, so dass der von *A* ausgehende Strom bis *C* gelangt, so müssen beide Stationen in der oben genannten Weise eingerichtet sein. Ist aber *B* eine Uebertragungsstation, so braucht *C* nur einen gewöhnlichen Apparat, während in *B* die Aufstellung der Apparate nach dem Schema Fig. 325 geschehen muss.

Die beiden Relais *R* und *R'* sind wie in Fig. 325 eingerichtet, *R''* auf gewöhnliche Art. Die beiden Morse *M* und *M''* dienen zur Uebertragung.

Der von der Station *A* kommende Strom geht durch *M''*, T', *R* und *R'* zur Erde. Der Ersatzstrom geht von *M* durch *T* in die Leitung nach *C*.

Die beiden von der Station *A* gegebenen Depeschen werden von *M* und *M'* geschrieben. Damit die für die Station *C* bestimmte Depesche von *M* dahin übertragen werde, muss diese auf der Station *A* (Fig. 324) auf dem Taster *T'* gegeben werden. *M'* schreibt dann die für *B* bestimmte Depesche. *R''* und *M''* vermitteln die Uebertragung in der Richtung *C* nach *A*. *T* und *T'* dienen zur Verständigung nach *C* und *A*.

Fig. 325.



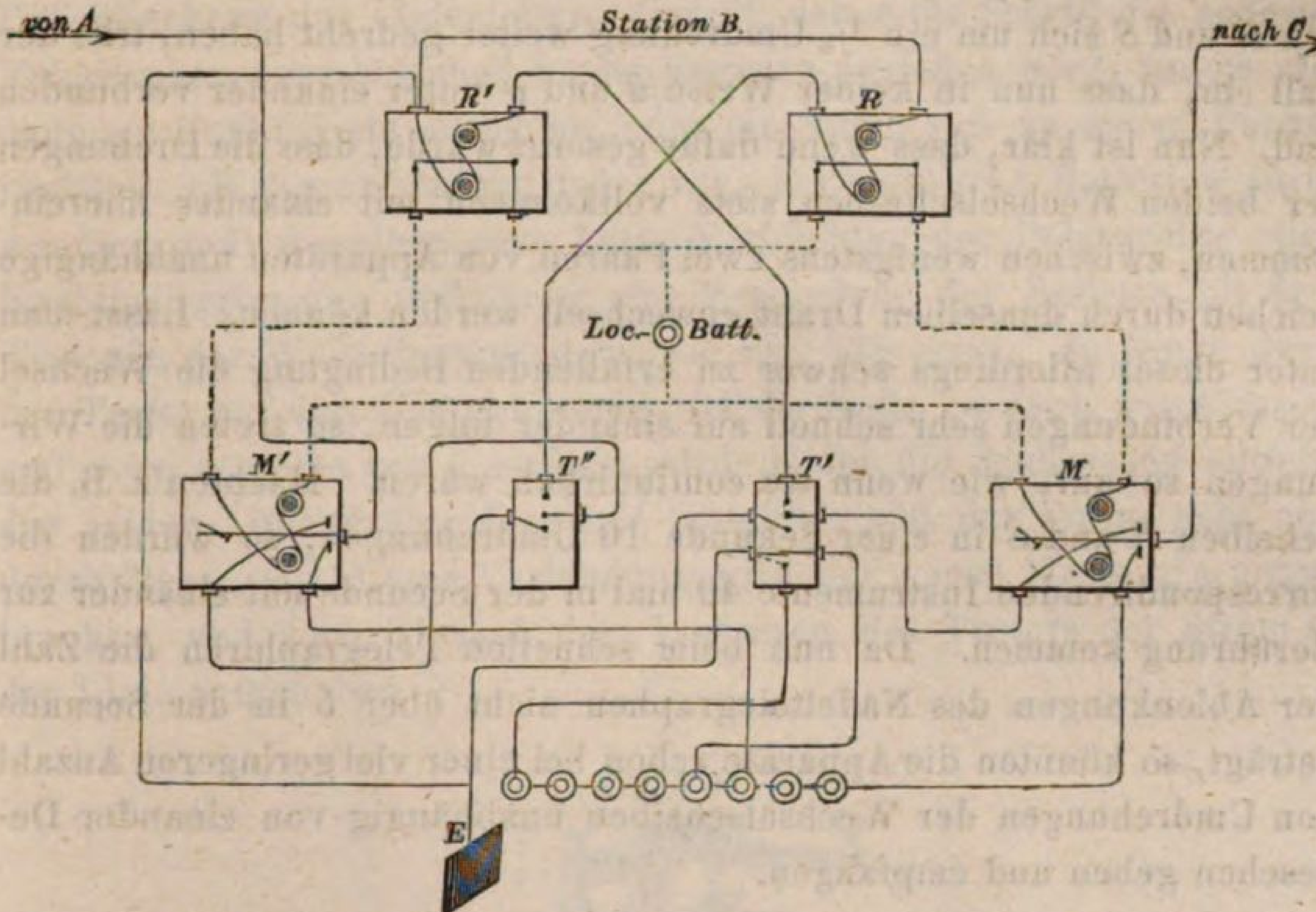
Sollen die Stationen *A* und *B* gleichzeitig nach *C* Depeschen geben können, so muss die Anordnung der Apparate nach dem Schema Fig. 326 getroffen werden.

Eine in *A* gegebene Depesche wird vom Morse *M* geschrieben und nach *C* übertragen. *M* vertritt mithin hier gleichsam die Stelle von *T* in Fig. 324. Man hat daher nur *M* mit *T'* so zu verbinden, wie früher *T* mit *T'* verbunden war, um von *B* mittelst *T'* gleichzeitig mit *A* eine Depesche nach *C* geben zu können. Hierbei braucht natürlich *A* nur einen einfachen Apparat, *C* dagegen eine Aufstellung wie in Fig. 323 und 324.

7. Das Doppelsprechen nach einer anderen Methode. Noch vor Stark's Beschreibung seines Doppelsprechapparates erschien in dem Civil-Engineer und Architects Journal eine Beschreibung

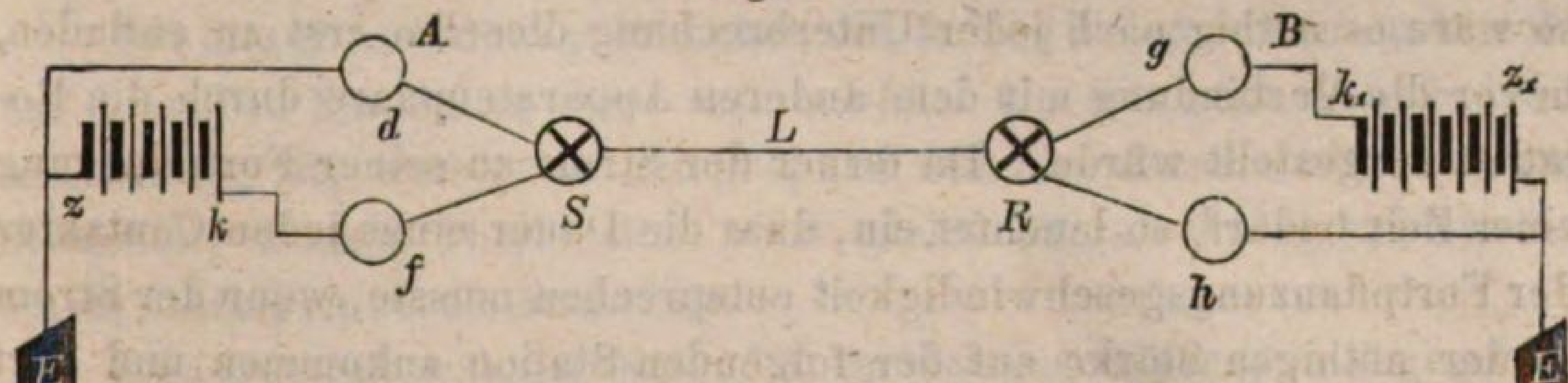
folgender nach ganz anderem Princip hergestellten Methode, [1]) die jedoch hinsichtlich ihrer praktischen Brauchbarkeit der eben dar-

Fig. 326.



gelegten weit nachsteht. Stellen die Kreise *d*, *f*, *g* und *h* Fig. 327 die Telegraphenapparate auf den beiden Stationen *A* und *B* dar, und bezeichnen die beiden Instrumente *R* und *S* an den Punkten, wo die

Fig. 327.



Telegraphen mit der Linienleitung verbunden sind, kleine Rotationsapparate, welche abwechselnd die Verbindung der Leitung mit dem einen und mit dem anderen Telegraphen herstellen und unterbrechen; so verbinden dieselben bei der Stellung, welche die Zeichnung angiebt,

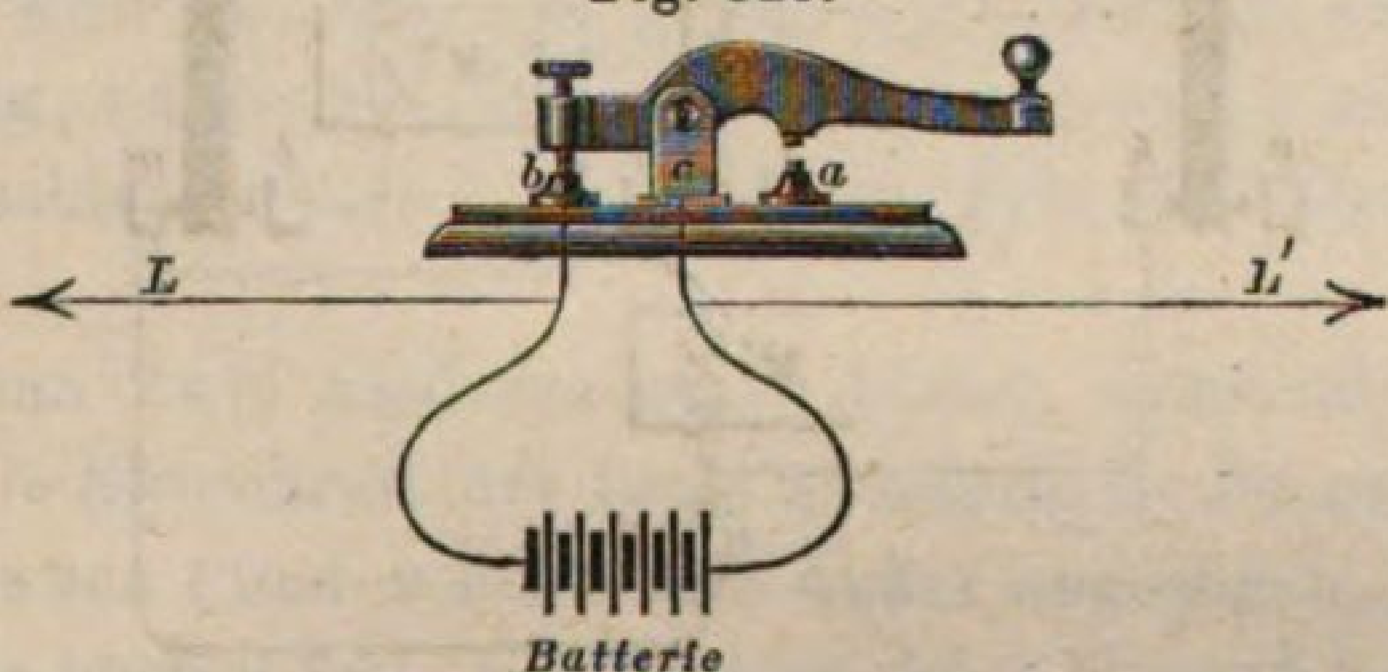
[1]) Brix Journ. II, p. 224.

die beiden Apparate *f* und *h* mit der Leitung, während die Verbindung der Leitung mit *d* und *g* unterbrochen ist, es circulirt ein Strom von *h* nach *f* und diese Apparate correspondiren mit einander, wie wenn keine anderen Apparate vorhanden wären. Sobald nun aber die Scheiben *R* und *S* sich um ein $1/8$ Umdrehung weiter gedreht haben, tritt der Fall ein, dass nun in keiner Weise *d* und *g* unter einander verbunden sind. Nun ist klar, dass wenn dafür gesorgt würde, dass die Drehungen der beiden Wechselscheiben stets vollkommen mit einander übereinstimmen, zwischen wenigstens zwei Paaren von Apparaten unabhängige Zeichen durch denselben Draht gewechselt werden können. Lässt man unter dieser allerdings schwer zu erfüllenden Bedingung die Wechsel der Verbindungen sehr schnell auf einander folgen, so treten die Wirkungen so auf, wie wenn sie continuirlich wären. Machten z. B. die Scheiben *R* und *S* in einer Sekunde 10 Umdrehungen, so würden die correspondirenden Instrumente 40 mal in der Secunde mit einander zur Berührung kommen. Da nun beim schnellen Telegraphiren die Zahl der Ablenkungen des Nadeltelegraphen nicht über 5 in der Secunde beträgt, so könnten die Apparate schon bei einer viel geringeren Anzahl von Umdrehungen der Wechselscheiben unabhängig von einander Depeschen geben und empfangen.

Gegen diese Methode des Doppelsprechens erhebt Brix mancherlei Bedenken, unter denen wir bereits eines hervorgehoben haben, nämlich die Schwierigkeit des Synchronismus der Rotationen der Wechselscheiben, der sich nur mit Hülfe eines zweiten nur hierzu dienenden Drahtes herstellen liesse. Da nun ferner die Leitung, bei gleichzeitiger Unterbrechung auf beiden Stationen, mit Electricität geladen bliebe, so wäre es nöthig nach jeder Unterbrechung dieselbe erst zu entladen, bevor die Verbindung mit dem anderen Apparatenpaare durch die Rotation hergestellt würde. Da ferner der Strom zu seiner Fortpflanzung einer Zeit bedarf, so leuchtet ein, dass die Dauer eines jeden Contaktes der Fortpflanzungsgeschwindigkeit entsprechen müsste, wenn der Strom in der nöthigen Stärke auf der folgenden Station ankommen und dort die Apparate in Thätigkeit setzen sollte. Durch diesen Umstand, bei welchem noch ungewiss ist, eine wie lange Zeit der Schliessung zur Bewegung der Apparate auf der Gegenstation erfordert wird, werden Zweifel gegen die Nützlichkeit dieser Methode rege, die erst durch die praktische Erprobung derselben gehoben werden könnten.

8. Doppelsprechmethode von Kramer.[1]) Bei der Beschreibung seiner Methode erwähnt Kramer zunächst, dass einer der grössten Mängel der Stark'schen Methode darin bestehe, dass während der Taster niedergedrückt wird, jedesmal eine kurze aber vollständige Unterbrechung der Linienleitung eintritt, daher die Schrift des anderen Telegraphen ganz bestimmt häufig ungenau ausfallen wird, indem alsdann ein Punkt leicht ausbleibt, oder ein Strich sich zu einem Punkte verkürzt. Kramer schlägt daher vor, Daniell'sche Batterien anzuwenden, weil dieselben eine kurze Verbindung der Polardrähte ohne Nachtheil ertragen, und dann eine Verbindung der Batterie mit dem Taster in der Weise herzustellen, wie Fig. 328 zeigt. So lange dann der Taster auf dem Contakt *b* ruht, ist die Kette in sich geschlossen, und wenn derselbe von *b* entfernt wird, bleibt die Schliessung mittelst der beiden Liniendrähte *L* und *L'* bestehen, und der Strom geht nun durch diese. Bei dieser Verbindung wird der ganze Kreis nie unterbrochen, und doch ist nach dem Loslassen des Tasters der Strom in der Linie aufgehoben.

Fig. 328.



Bei dieser Anordnung brauchen die beiden Telegraphen auch nicht auf derselben Station zu sein, was bei Stark's Einrichtung unbedingt nothwendig ist, weil beide Telegraphen den Strom aus einer Säule gebrauchen, dessen Theile sich beim gleichzeitigen Telegraphiren zu einem stärkeren zusammensetzen.

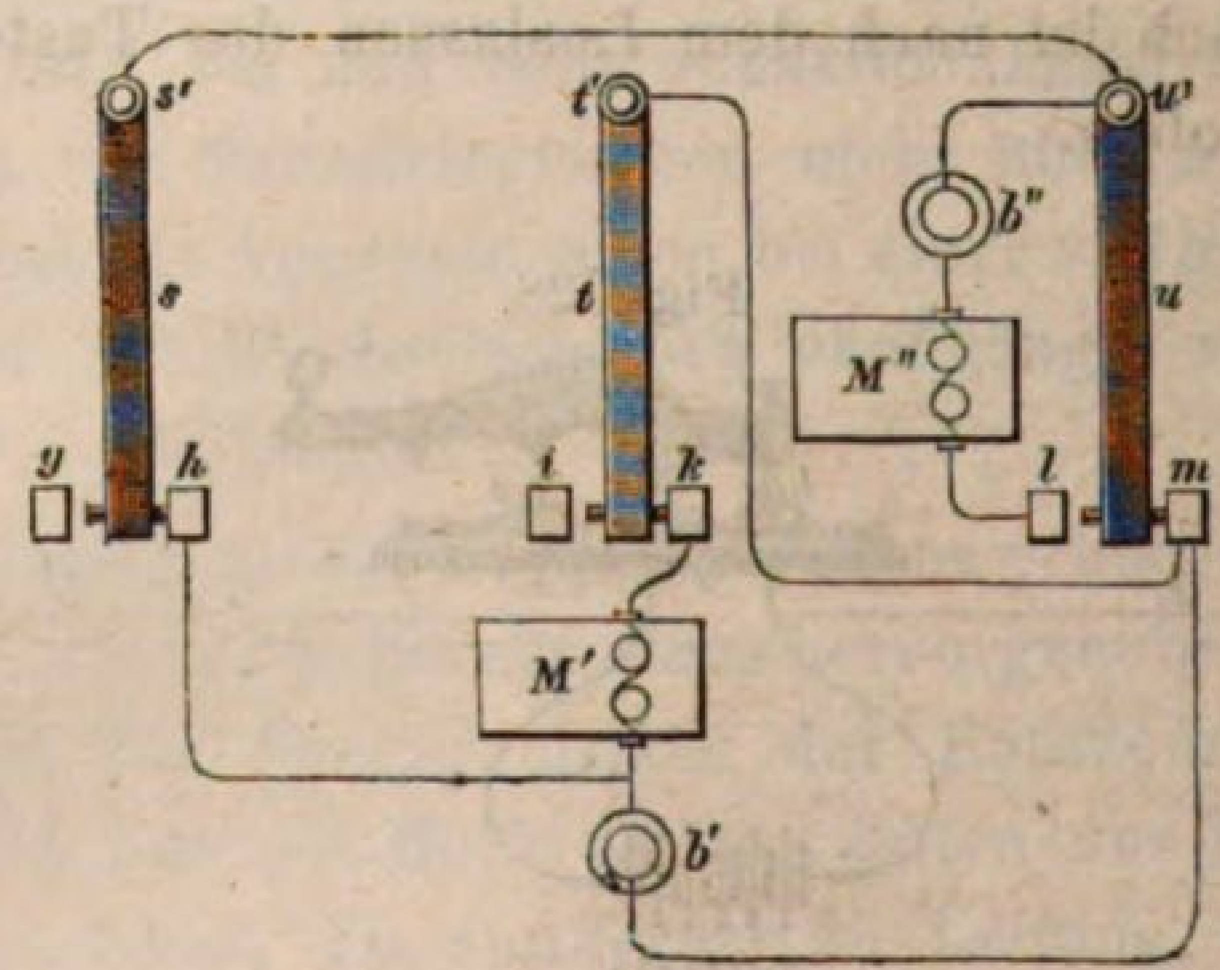
Kramer hat mehrere Methoden für das Dopelsprechen angegeben, unter denen aber zwei an dem bereits erwähnten Mangel leiden, den auch beide Stark'schen Methoden haben, dass nämlich während der Bewegung eines Tasters die Thätigkeit des anderen unterbrochen wird. Wir gehen daher sogleich zur Besprechung der Methode Kramer's, bei der dieser Uebelstand vermieden ist.

[1]) Brix Journ. III, p. 4.

Was zunächst das Geben der Nachricht betrifft, so wird durch den Taster Eins ein Strom geschlossen von der Intensität — *a* und durch den Taster zwei ein doppelt so starker von entgegengesetzter Richtung + 2*a*, so dass beide gleichzeitig niedergedrückt die Stromkraft + *a* geben.

Behufs des Empfangens der Depeschen befinden sich auf der Gegenstation drei Relais, Fig. 329, deren Anker *s*, *t*, *u* um die Punkte *s'*, *t'*, *u'* drehbar sein sollen, und deren Ruhecontakte *h*, *k*, *m*, deren Ambosse *g*, *i*, *l* darstellen mögen. Die drei Relais werden von dem Linienstrome umkreist, während die Anker *s* und *u* der beiden Relais Stahlmagnete sind, der dritte Anker *t* aber aus weichem Eisen besteht. *s* soll nur von negativen, *u* nur von positiven Strömen angeregt werden können. Unter diesen Bedingungen soll nun erreicht werden:

Fig. 329.



dass das Relais *s* bei der Stromkraft — *a* seinen Anker anzieht und bei *O* wieder loslässt,

dass *u* bei der Stromkraft + *a* und + 2*a* anzieht und bei *O* wieder loslässt,

und dass *t* bei + 2*a* anzieht und bei + *a* oder *O* wieder loslässt.

Bei diesen Einrichtungen sind nun ferner die Schreibmagnete *M'* und *M''* mit ihren zugehörigen Lokalbatterien *b'* und *b''* in folgender Weise mit den Relais verbunden:

der Anker *s* mit dem Anker *u*,

der Anker *t* mit dem Ruhecontakt *m*,

der Morse *M'* einerseits mit dem Ruhecontakt *k*, andererseits mit dem einen Pole von *b'*,

derselbe Pol von *b'* mit dem Ruhecontakt *h*,

der andere Pol von b' mit dem Ruhecontakt m,
der Morse M' und seine Batterie b'' einerseits mit dem Anker u, andererseits mit dem Ambosse l.

Sind bei dieser Verbindung alle Relais in Ruhe, so geht der Strom der Linienbatterie b', dem eigentlich zwei Wege offen stehen, durch den kurzen Weg $b'\,h\,s\,u\,m\,b'$, während er durch den auch schon gegebenen aber viel weiteren Weg $b'\,M'\,k\,t\,m\,b'$ geht, wenn die Anker s oder u nicht mehr den Kreis schliessen, als in Thätigkeit sind.

1. Wenn nun der Taster Eins gedrückt wird, also der Strom $- a$ in Thätigkeit ist, und das Relais s seinen Anker anzieht, so wird in Folge dessen M' wirken.

2. Ist Zwei allein gedrückt und also ein Strom $+ 2a$ in Thätigkeit, so ziehen die beiden Relais t und u zugleich ihre Anker an, und wegen der Entfernung u von dem Contakt m und der gleichzeitigen Bewegung des Ankers t bleibt M' unthätig, es wirkt also M'' allein, in Folge des Kreislaufs $b''\,u\,l\,M''\,b''$.

3. Werden Eins und Zwei gleichzeitig gedrückt, so dass der Strom $+ a$ entsteht, so zieht das Relais u allein seinen Anker an, und der Batterie b' wird ihr kurzer Weg abgeschnitten, sie setzt den Morse M' in Bewegung, während durch das Anschlagen von u an l auch der Kreis für M'' geschlossen wird. Für diesen Fall sind also M' und M'' in Thätigkeit.

4. Wenn Zwei niedergedrückt bleibt, während Eins spricht, so wechselt die Stromkraft der Linie zwischen $+ 2a$ und $+ a$. Bei der Kraft $2a$ hatten t und u beide ihre Anker angezogen, bei der Kraft $+ a$ hält ihn nur noch u fest, also bewegt sich t hin und her; der Morse M' arbeitet und M'' hält seinen Anker angezogen.

5. Bleibt Eins gedrückt, während zwei schreibt, so wechselt die Stromkraft zwischen $+ a$ und $- a$. Anker t bleibt in Ruhe, hält also der Batterie b' den Hauptweg offen. Bei dem Strome $+ a$ berührt u den Amboss l und s den Contakt h; es wirken also M' und M''. Setzt sich nun der Strom in $- a$ um, so begiebt sich u von l nach m, und s von h nach g. Für diesen Fall ist anzunehmen, dass der eine Anker seine Bewegung wenigstens angefangen haben wird, bevor der andere seinen Weg zurückgelegt hat, dass also niemals s und u zugleich an ihren Ruhecontakten anliegen und mithin niemals der Batterie b' den Nebenweg öffnen werden, so dass also M' unabänderlich seinen Anker festhalten und einen ununterbrochenen Strich erzeugen wird.

9. Doppelsprechmethode von Bosscha. In den soeben dargelegten Vorschlägen Kramer's ist gleich zu Anfang eine Verbindung erwähnt, in Folge welcher nach dem Schlüssel von der Batterie aus solche Leitungen gelegt sind, dass die Batterie in der Ruhe des Schlüssels direkt geschlossen, beim Niederdrücken desselben aber durch die Linienleitung geschlossen ist. Diese Einrichtung wendet Bosscha an, um ungehindert gleichzeitig zwei Depeschen zu befördern. Zur richtigen Vertheilung der Nachricht mittelst der Relais bedient er sich ebenfalls dreier verschiedener Stromstärken wie Kramer, die wir mit a, $-2a$ und $-a$ bezeichnen können; ebenso wendet er drei Relais an, deren zwei polar, das heisst mit Stahlmagneten als Ankern versehen sind. Wir sehen hieraus, dass beide Physiker gleichzeitig auf dieselbe Einrichtung im grossen Ganzen gekommen sind, mittelst deren sie die gleichzeitige Beförderung zweier Depeschen ins Werk setzen.

Ausser den hier genannten Methoden des Gegen- und Doppelsprechens existiren noch mehrere andere, welche sich natürlich alle darauf gründen, dass Ströme von verschiedenen Zeichen und verschiedener Intensität durch den Leitungsdraht gesandt werden, die sich aber in Bezug auf manche Einzelnheiten von einander unterscheiden. Wir müssen hier besonders noch die Methoden von Bernstein und von Schreder[1]) erwähnen.

Alle diese mit sehr grossem Scharfsinne erdachten Methoden haben bis jetzt noch keine praktische Anwendung gefunden, was vor Allem darin seinen Grund hat, dass alle zu dem einen oder anderen Zwecke einen stets gleichbleibenden, oder doch sehr wenig vaiirenden Linienstrom voraussetzen. Derselbe existirt aber aus den bereits früher ausführlich besprochenen Gründen bis jetzt nicht in den Linienleitungen, und wir werden daher wohl nicht eher von den geistreichen Erfindungen der Techniker auf diesem Felde Gebrauch machen können, bis die Isolirung der Leitungen zu einer solchen Vervollkommenheit gediehen ist, dass der auch bei ungünstiger Witterung unterwegs verloren gehende Stromtheil so gering wird, dass er gegen den wirklich ankommenden als unerheblich betrachtet werden kann. Auf eine so vollkommene Isolirung der Leitungen dürfen wir uns indess vorläufig sehr geringe Hoffnung machen.

[1]) Brix Journ. VII, p. 258.

VIII. Abschnitt.

Elektromagnetische Apparate zur Sicherheit für Eisenbahnzüge.

§ 1.

Eisenbahnläutewerke.

1. Die Läutewerke. Bei jeder Mittheilung aus Entfernung steht das sichtbare Zeichen dem hörbaren einfach aus dem Grunde nach, weil das Telegraphiren durch sichtbare Zeichen eine dauernde Aufmerksamkeit auch während der Zeit verlangt, während welcher keine Zeichen gegeben werden, wogegen das hörbare Zeichen auch ohne anstrengende Aufmerksamkeit wahrgenommen wird. Um daher den Beobachter nicht zu sehr zu ermüden ist man von jeher darauf bedacht gewesen, den Beginn der telegraphischen Nachricht hörbar zu machen. Bei den Nadel- und Zeigertelegraphen, deren Gang selbst nicht genügend hörbar ist, hat man sich genöthigt gesehen, den Anfang der Zeichen durch eine Glocke bemerklich zu machen, deren Hammer einfach durch den Anker eines Elektromagneten in Bewegung gesetzt wird. Vorrichtungen dieser Art sind unter dem Namen Wecker bei den vorn besprochenen Telegraphen bereits beschrieben.

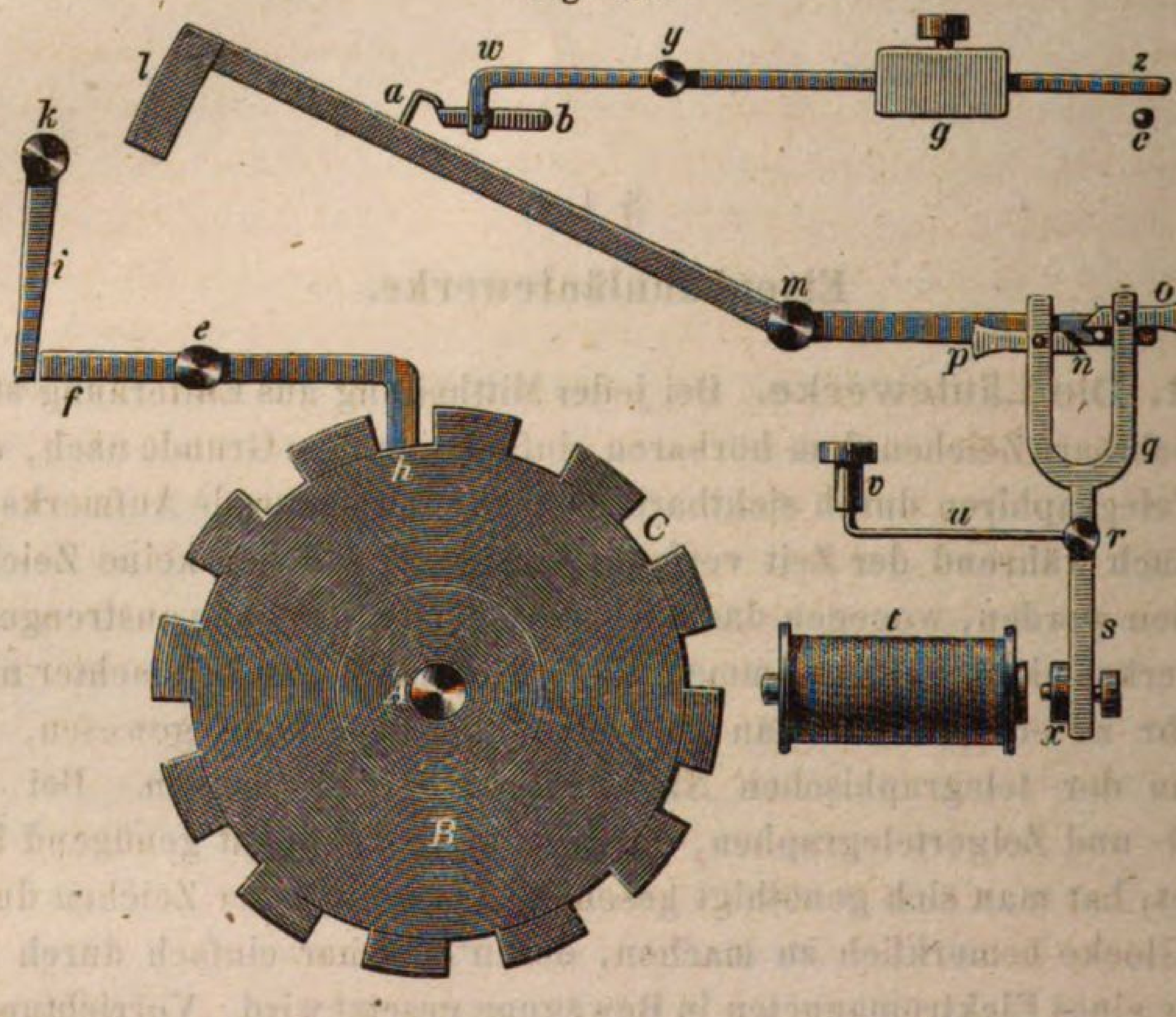
2. Kramer's Läutewerk. Ausser jenen Einrichtungen für die Telegraphenstationen hat man es nöthig befunden, grössere Läutewerke für die Eisenbahnzüge mittelst der an den Bahnen hinlaufenden Telegraphendrähte einzurichten, durch die die Beamten von dem Nahen eines Zuges in Kenntniss gesetzt werden.

Läutewerke dieser Art an den Eisenbahnen entlang hatten in der ersten Zeit die Einrichtung, das mittelst des durch den Leitungsdraht gesandten Stromes ein sogenanntes Schlagewerk ausgehoben wurde, welches dann die über dem Hause befindliche Glocke zum Tönen brachte. Bei diesen Vorrichtungen war es nöthig, dass nach dem Läuten das

Werk durch den Wärter erst wieder eingerückt, d. h. in die Stellung gebracht werden musste, dass dasselbe durch einen neuen Strom wieder in Bewegung gesetzt werden konnte.

Im Jahre 1847 stellte Kramer ein Eisenbahnläutewerk her, welches von selbst wieder einrückte. [1]) Ausser dem gewöhnlichen Schlagwerke befindet sich bei dieser Einrichtung an der Axe des Walzenrades *A* Fig. 330, welches die Gewichtsschnur des Schlagwerkes trägt, eine

Fig. 330.



Messingscheibe *B* (Schlussscheibe) mit 12 Einschnitten (Fallen) am Rande. In diese Fallen greift der um *e* drehbare Hebel *fh* ein, der mit seinem Ende bei *f* gegen einen an der Axe des Windfanges *k* befestigten Arm *i* stösst und so den Umlauf des Schlagwerkes hemmt. Schlägt auf diesen Hebelarm *fe* der Hammer *lm* herab, so wird das Werk ausgelöst und kommt durch ein an einer Schnur hängendes Gewicht in Bewegung.

Die Auslösung des Hammers ist nun die Aufgabe eines Elektromagneten *t*, welcher einen von der Gabel *s r q* gehaltenen Anker anzieht, sobald durch seine Umwicklung der galvanische Strom geleitet wird. Wird dieser Anker und mit ihm der Stiel *s* der um *r* drehbaren

[1]) Schellen der elektrom. Telegraph. p. 317.

Gabel nach *t* hingezogen, so lässt der Schnäpper *o* den Stift *n* des Hammerstieles frei, und der Hammer schlägt nieder. Die Gabel *s r q* wird nach Unterbrechung des Stromes durch die gegen die Schraube *v* sich stemmende Feder *u* wieder in ihre Ruhelage zurückgebracht.

Ist nach der Auflösung das Fallenrad *B* so weit gedreht, dass der Arm bei *h* sich über einer der Erhöhungen desselben befindet, so hebt ein mit dem Schlagwerk verbundenes Rad den Hammer *l* wieder in die Höhe, dessen Stiel dann wieder durch den Schnäpper *o*, wenn der Anker bereits losgelassen hat, oder durch *p*, wenn er noch gehalten ist, gefangen und in Ruhe versetzt wird. Hierdurch wird der Hebel *f h* wieder frei und arretirt wieder das Rad, sobald sich dasselbe so weit gedreht hat, bis der Arm in die folgende Falle gelangt.

Der um die Axe *y* drehbare Hebel *w z* mit dem Gewicht *g* und dem Schnäpper *b* dient dazu, durch den Haken *a* den schweren Hammer *l* fast ganz zu tragen, damit die Reibung des Stiftes *n* an dem Schnäpper *o* nicht zu gross, und dadurch die Auslösung durch den Elektromagneten unmöglich werde.

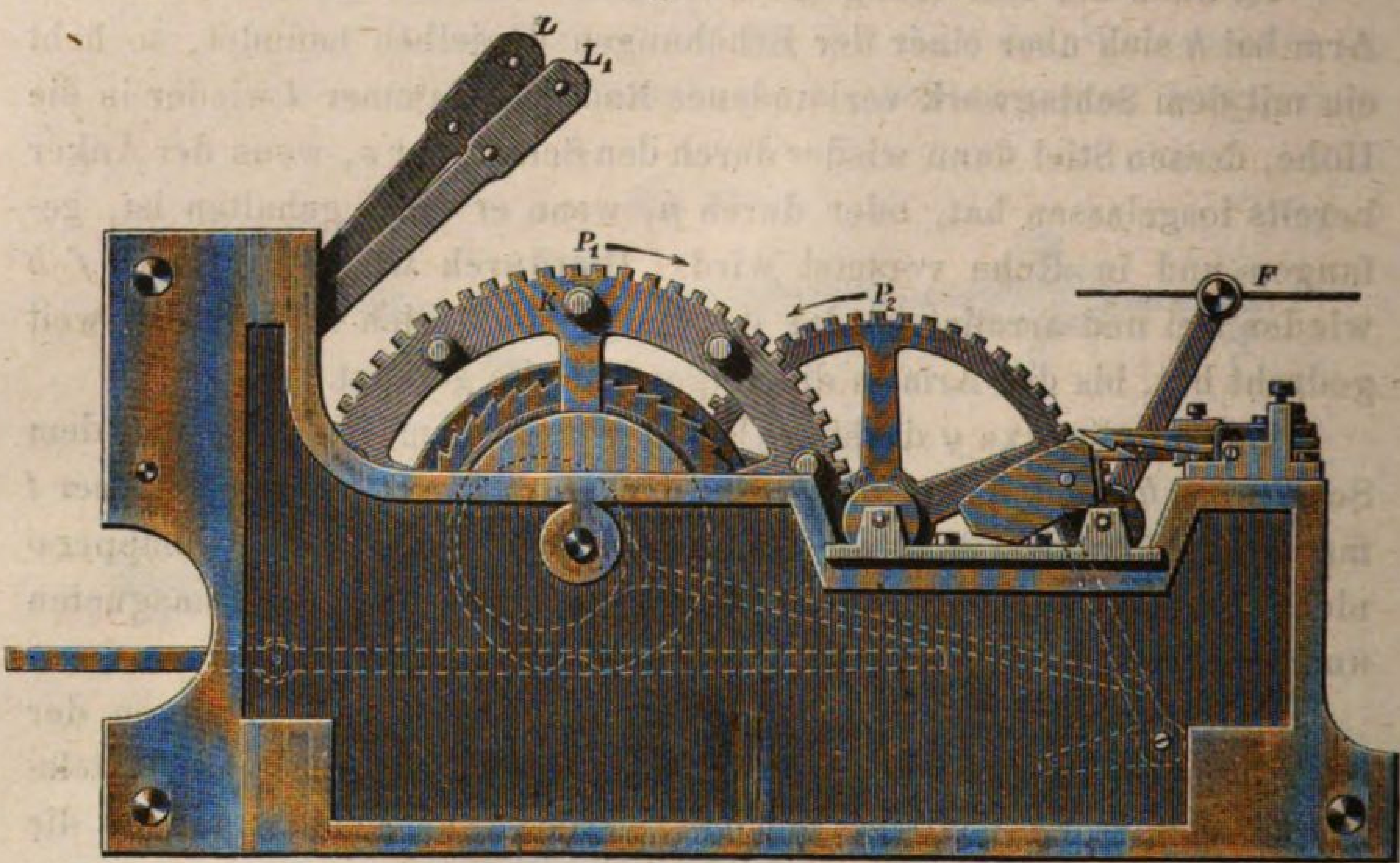
Soll die Magnetisirung des Elektromagneten durch den von der entfernten Station kommenden Strom ganz unabhängig von der telegraphischen Correspondenz bewirkt werden, so macht man für die Läutewerke eine besondere Drahtleitung, wogegen man zum Läuten eine verstärkte Batterie anwendet, wenn dabei der gewöhnliche Telegraphendraht benutzt werden soll. Der Telegraphirstrom durchfliesst für diesen Fall dann auch die Umwicklung des Magneten *t*, ist aber zu schwach, um den Anker der Gabel *s r q* zu bewegen und also das Läutewerk auszulösen.

3. Läutewerk von Siemens und Halske. Die Fig. 331 stellt das Läutewerk von Siemens und Halske in der Seitenansicht dar. Eine Trommel wird durch ein Gewicht in Umdrehung versetzt, und mit ihr dreht sich das Stirnrad P_1, welches einerseits mittelst der Zapfen *k* zwei Hebel *L* und L_1 abwechselnd niederdrückt, und andererseits ein zweites Rad P_2 in Bewegung setzt, welches den Windfang *F* treibt.

Auf der Axe der Trommel befindet sich ein Excentricum *E*, an der Scheibe *S*, welches in der Fig. 332 dargestellt ist. Der Arm O_1 des Excentricums trägt einen Zapfen *O*, in den der Zapfen *q* des Hebels *Q* eingreift, sobald der Hammer *H* ihn nicht mehr niederhält. Dieser Hammer *H* ist um die Welle *IV* drehbar und wird durch einen Sperrhaken *f* in die Höhe gehalten. Der Sperrhaken kann durch den von

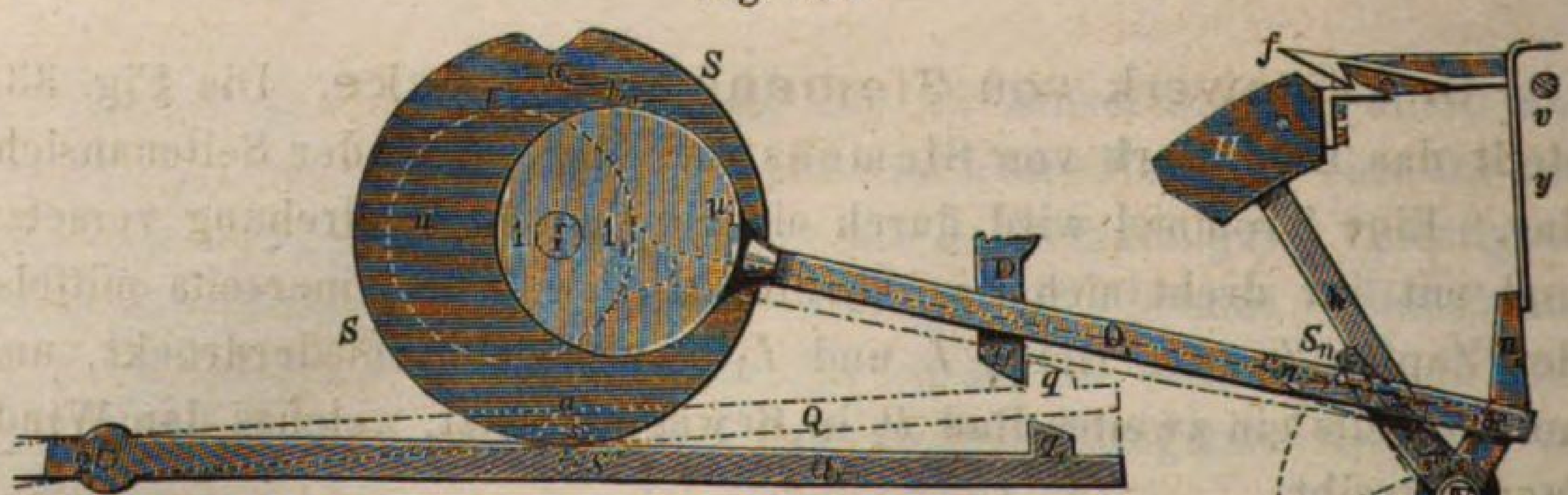
der Nachbarstation kommenden Strom mittelst eines Elektromagneten ausgehoben werden. Geschieht dies, so fällt der Hammer nieder und drückt dadurch den Hebel Q mit seinem Zapfen q herab; dadurch wird

Fig. 331.



der Zapfen o mit seinem am Excentricum befestigten Arme O_1 frei, die Trommel fängt an zu rotiren, und die Glocke schlägt an. Damit nun aber das Schlagen nicht andauert, bewegt der Arm O_1 bei seiner Rück-

Fig. 332.



kehr eine Gabel, die um IV drehbar ist, und hebt so mittelst eines Mitnehmers den Hammer wieder bis zum Sperrhaken in die Höhe. Während dies geschieht und sich n bis n_1 und S_1 bis $S\,n$ fortbewegt, ist die Scheibe S wieder mit ihrer Ausbiegung a_1 bis zur Erhöhung a des

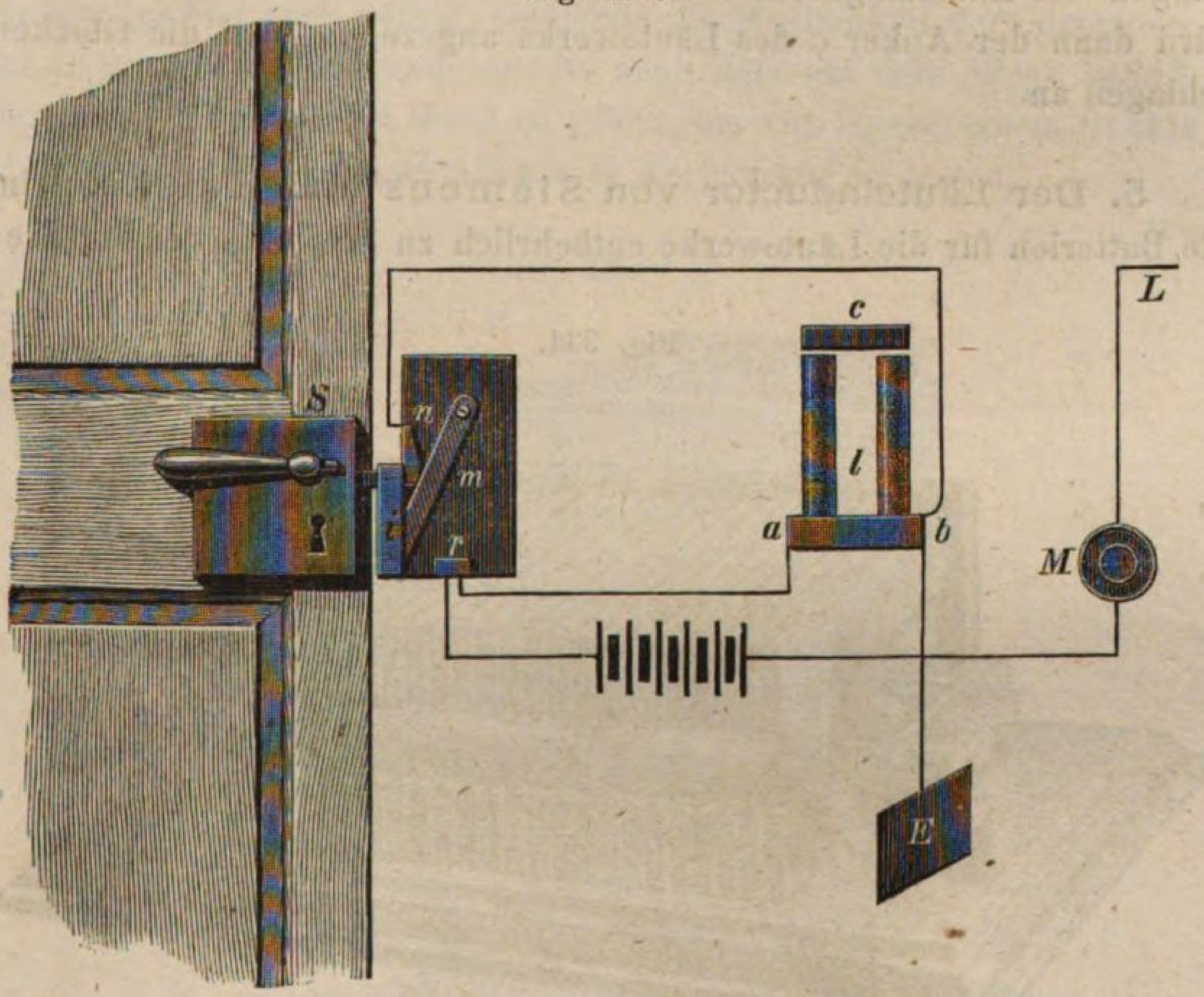
Hebels Q gelangt. Dieser erhebt sich wieder und arretirt dadurch den Arm O_1, so dass nun wieder Stillstand eintritt.

Die beiden Hebel L und L_1 sind mittelst zweier Drähte mit den beiden Hämmern verbunden, welche an die über den Wärterhäusern befestigten Glocken anschlagen.

Früher wurde zur Auslösung der einen kurzen aber starken Strom erfordernden Eisenbahnläutewerke die vorn beschriebene Alaunbatterie verwendet.

4. Der Thürcontakt als Stationswecker von Siemens und Halske. Damit der Eisenbahnbeamte auch ausserhalb des

Fig. 333.



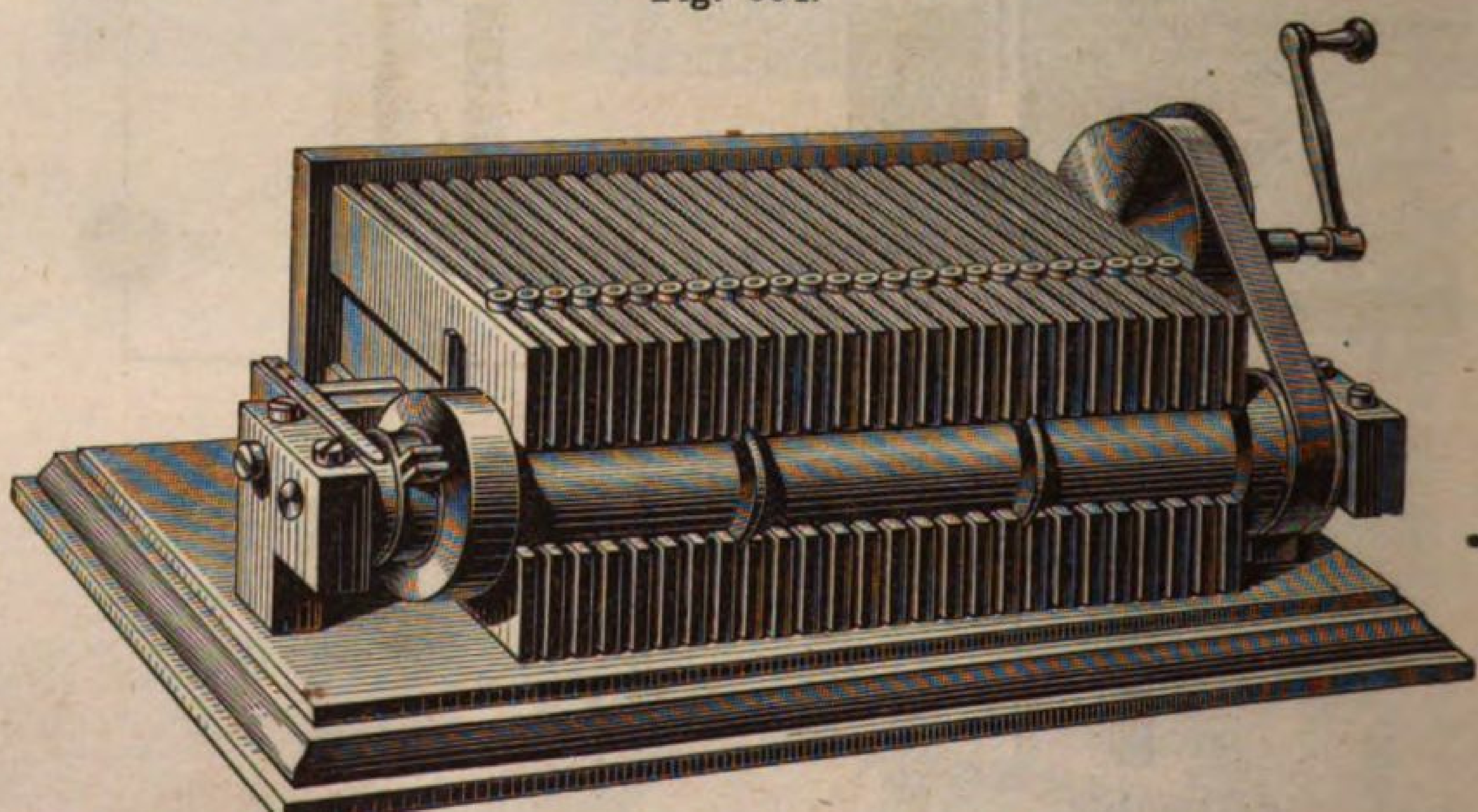
Stationszimmers von dem Beginn einer telegraphischen Nachricht in Kenntniss gesetzt werde, haben Siemens und Halske eine Vorrichtung getroffen, in Folge deren durch das Verschliessen des Zimmers das Läutewerk mit in den galvanischen Kreis eingeschlossen, und so durch ein weit hörbares Zeichen der Beginn einer Nachricht angezeigt wird.

Es stelle S Fig. 333 das Thürschloss und i die Hespe dar, in die die Klinke und der Riegel des Schlosses eingreift, wenn die Thür ver-

schlossen wird. Auf der andern Seite dieser Hespe befindet sich an der Thürzarge eine Metallplatte mit einer Kurbel *m*, welche von der andern Seite her hinter die Hespe *i* mittelst einer Feder gedrückt wird. Diese Kurbel berührt dabei gleichzeitig eine mit der Platte nicht in leitender Verbindung stehende Feder *n*. Ist nun die Thür nicht verschlossen und also die Kurbel gegen *n* gedrückt, so geht der von der Batterie und auch der durch *L* kommende Strom über die Klemme *r* durch die Kurbel *m* und die Feder *n* nach *b* zur Erde. Wird nun aber die Thür verschlossen und dadurch die Kurbel *m* hinter *i* hervorgedrückt, so berührt *m* nicht mehr die Feder *n*, und der Strom muss nun den ihm früher zwar auch offenen, aber viel weiteren Weg über *r* nach *a*, den Windungen des Läutemagneten *l* und über *b* zur Erde nehmen. Dadurch wird dann der Anker *c* des Läutewerks angezogen, und die Glocken schlagen an.

5. **Der Läuteinductor von Siemens und Halske.** Um die Batterien für die Läutewerke entbehrlich zu machen, wenden Siemens und Halske Inductionsmaschinen an, von der Construction, wie

Fig. 334.



die bereits vorn beschriebenen Magnetinductoren.[1]) Die Fig. 334 stellt einen solchen Läuteinductor dar. Durch Drehung der Kurbel sendet man eine Reihe schnell auf einander folgender Ströme durch die Leitung und hebt dadurch die Läutewerke aus.

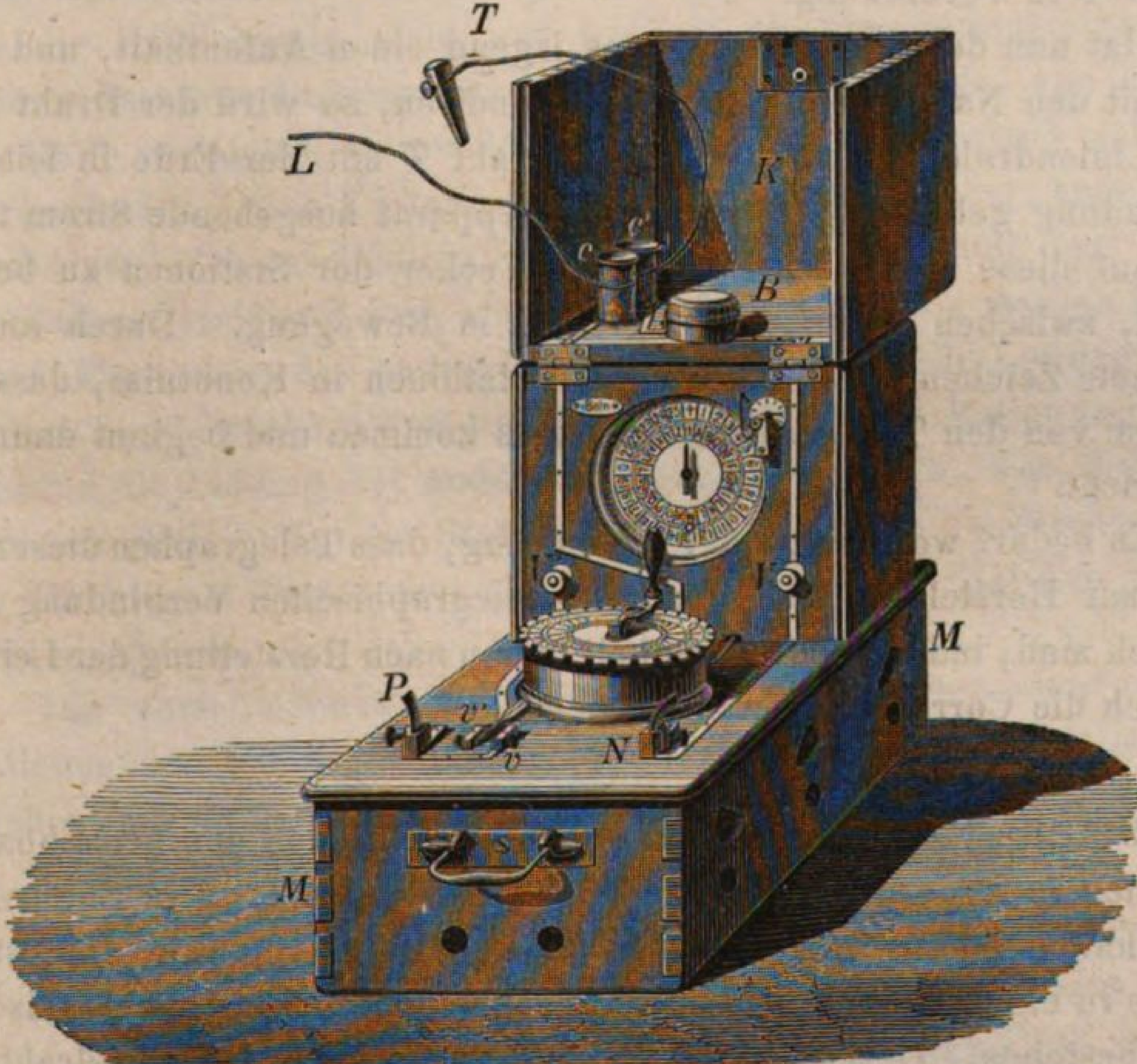
[1]) Absch. VI, § 7.

§ 2.

Telegraphen zur Sicherheit für die Eisenbahnzüge.

1. Tragbarer Telegraph. Es leuchtet ein, dass die Zahl der Zeichen, welche mittelst einer Glocke gegeben werden können, beschränkter ist, als diejenige, welche man durch einen wirklichen Telegraphen zu geben im Stande ist. Will man daher eine Einrichtung treffen, mittelst deren die Sicherheit der Eisenbahnzüge möglichst gross ist, so ist es ausser den von Station zu Station durch die Glocken gegebenen Zeichen auch nöthig, einerseits die Möglichkeit der Correspondenz zu erweitern, und andererseits auch dem auf dem Wege befindlichen Zuge Mittel an die Hand zu geben, um von irgend einem Punkte der Bahn mit den Nachbarstationen in Verbindung zu treten.

Fig. 335.



Zu diesem Zwecke dienen tragbare Zeiger-Telegraphen, mit denen die Eisenbahnzüge versehen sind. Die Fig. 335 stellt einen solchen

Telegraphen von Bréguet dar.[1]) Der ganze Apparat befindet sich in einem hölzernen Kasten von parallelopipedischer Form. Die Säule besteht aus 18 kleinen Daniell'schen Elementen, welche in dem Raum *M M* unter dem Zeichengeber aufgestellt sind.

Die Platte *P* steht mit dem positivem Pol, und *N* mit dem negativen Pol der Säule in Verbindung. In den Kreis des Stromes ist eine Bussole *B* eingeschaltet. Hinter dem Zifferblatt des Zeigers befindet sich das Uhrwerk und der Elektromagnet. Mittelst Kupferleitungen wie sie die Figur zeigt, steht die Schraube *v* mit dem positiven Pole *P*, und *v'*, gegen die der Hebel des Zeichengebers im Ruhezustande drückt, mit dem Knopfe *V'* in Verbindung, der mit dem einen Ende des Drahtes der Spirale des Elektromagneten zusammenhängt. Der bewegliche Hebel des Zeichengebers steht durch die metallische Substanz des Apparates mit der Spirale *C* und dem Drahte *L* in Verbindung, während der negative Pol der Säule *N* zum Knopf *V* geht, in welchem der Draht der anderen Spirale des Elektromagneten endigt. Dieser Knopf steht ausserdem mit der Bussole *B*, der Spirale *C'* und dem Drahte *T* in Verbindung.

Hat nun der Zug unter Weges irgend einen Aufenthalt, und man will mit den Nachbarstationen correspondiren, so wird der Draht *L* an den Liniendraht befestigt und der Draht *T* mit der Erde in leitende Verbindung gebracht. Der von dem Apparat ausgehende Strom theilt sich auf diese Weise und setzt die Wecker der Stationen zu beiden Seiten, zwischen denen der Zug hält, in Bewegung. Durch andere geeignete Zeichen setzt er darauf die Stationen in Kenntniss, dass die Zeichen von den Telegraphen des Zuges kommen und beginnt dann die Nachricht.

Es bedarf wohl kaum der Bemerkung, dass Telegraphen dieser Art auch zur Herstellung jeder anderen telegraphischen Verbindung sehr nützlich sind, indem sie Gelegenheit bieten nach Herstellung der Leitung sogleich die Correspondenz zu eröffnen.

2. Unbewegliche Apparate. Um Hülfe von den benachbarten Stationen zu fordern hat man auch auf den Linien etwa in Entfernung einer halben Meile von einander in Behältern Apparate aufgestellt, welche in einem Zeiger- oder Nadeltelegraphen und einer galvanischen Säule bestehen. Diese Apparate stehen durch einen Leitungsdraht mit

[1]) Gavarret Télég. électr., p. 219.

einander in Verbindung, der bei jedem Apparate zur Erde führt, so dass ein dauernder Strom auf solchen Linien unterhalten wird.

Walcker hat zu dem genannten Zwecke noch eine andere Einrichtung getroffen.[1] Jede Station ist mit einer Glocke und einer Lokalbatterie versehen, deren einer Pol zur Erde geleitet wird, während man den anderen mit dem Leitungsdrahte der folgenden Station, jedoch in der Weise verbindet, dass gleichnamige Pole zusammenkommen, und also die Ströme der Nachbarstationen im Ruhezustande sich aufheben. Hierdurch wird es möglich an jeder beliebigen Stelle auf der Linie in der Weise einen Strom zu erzeugen, dass man den Leitungsdraht mit der Erde in Verbindung bringt. Es strömt alsdann von beiden Seiten her die Elektricität zur Erde und erzeugt einen hinreichend starken Strom, um auf beiden Nachbarstationen die Glocke zum Anschlage zu bringen.

Unzweifelhaft ist diese Einrichtung die einfachste, um von irgend welchem Punkte der Bahn mit den Nachbarstationen zu correspondiren.

Eine ähnliche Einrichtung hat eine Zeit lang auf den Hannoverschen Bahnstrecken bestanden.[2] Da es jedoch wünschenswerth war, dass die Hülfssignale nicht auf beiden Nachbarstationen ertönten, sondern dass nur diejenige Station benachrichtigt würde, von der der Zug Hülfe verlangte, so wurden in den an der Bahn entlang stehenden Glockenbuden kleine Kasten, sogenannte Hülfssignalgeber, angebracht, welche zwei Schlüssellöcher hatten, deren ein jedes mit dem Namen der Station bezeichnet war, wohin das Zeichen gegeben werden konnte. Durch Einstecken des passenden Schlüssels wurde die Leitung unterbrochen, und durch Drehen desselben die bezeichnete Station angerufen, während die Leitung der anderen unterbrochen blieb, also diese kein Zeichen erhielt. Von der Station aus wurde alsdann als Zeichen, dass das Hülfssignal verstanden sei, ein entsprechendes Zeichen mit der Glocke gegeben.

Die verschiedenen Entfernungen der Hülfssignalgeber von den Stationen wurden durch entsprechende Widerstände beim Geben des Zeichens in den Kreislauf eingeschaltet, um dadurch die Wirkung auf die Wecker der Stationen möglichst gleichförmig zu machen.

3. Der Apparat von Regnault. Seit 1847 besteht auf der Bahn von Saint-Germain folgende von dem Direktor dieser Bahn

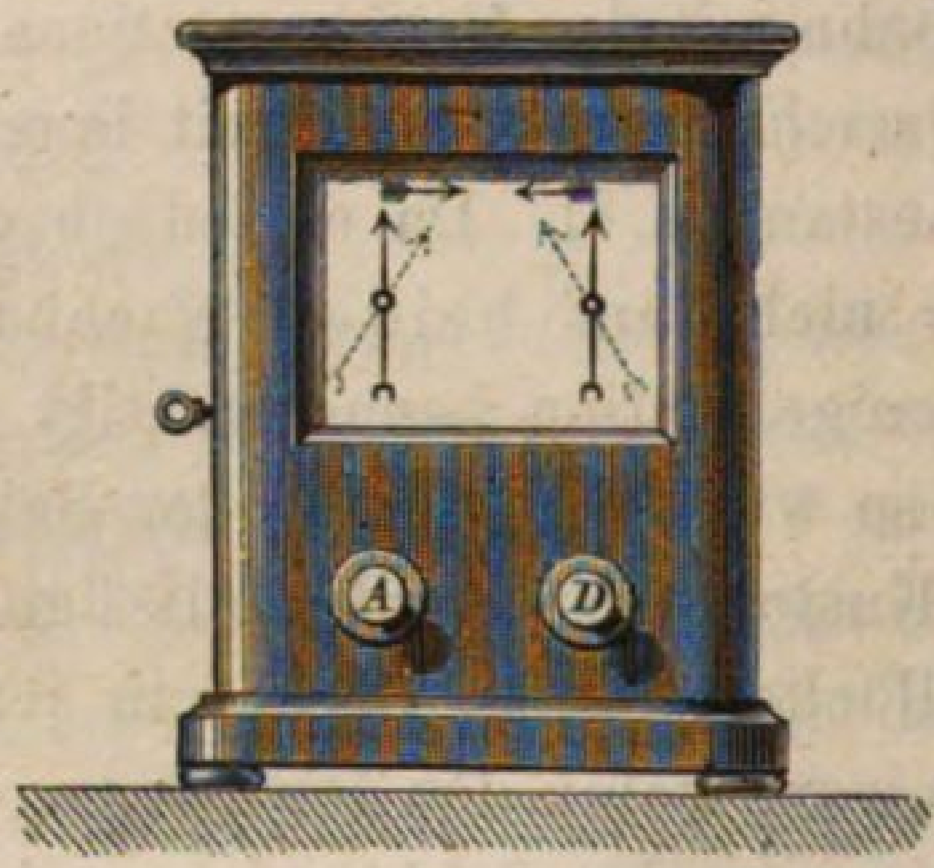
[1]) Kosmos 1857, p. 420. [2]) Brix Journal IX, p. 5.

Regnault getroffene Einrichtung zur Sicherheit der Eisenbahnzüge. [1]) Das System Regnault's besteht aus einem „Zuganzeiger" (indicateur des trains) und einem Apparat zum Hülfefordern (appareil de demande de secours).

Der Zuganzeiger hat den Zweck: 1) zu verhindern, dass zwei Züge auf demselben Schienenstrange sich entgegenkommen; 2) jede Collision zweier auf demselben Strange in derselben Richtung sich bewegenden *Züge* zu vermeiden; 3) immerwährend auf sichtbare Weise den Beamten den Ort des Zuges, wie dessen Richtung anzuzeigen.

Die Fig. 336 stellt diesen Apparat in seinem Gehäuse dar, wie er auf den Stationen sich befindet. Von den beiden Knöpfen *D* und *A* dient *D* zum Anzeigen des Abganges des Zuges nach der zu benachrichtigenden Station, *A* zum Anzeigen der Ankunft desselben, also auch zur Nachricht, dass das Zeichen erhalten worden ist.

Fig. 336.



Die Fig. 337 stellt die innere Einrichtung des Apparates und die stromleitende Verbindung dar, und zwar für eine Mittelstation, während auf der Endstation sich immer nur ein Apparat *X* befindet. Drei Metallfedern *V*, *V'*, *V''* berühren im Ruhestande die drei isolirten Contakte *a*, *a'*, *a''*. *a* steht mit dem Metallstück *p'* in leitender Verbindung, *a'* mit dem Knopfe *f* und der Leitung *T*, und *a''* mit *L*. Mit ihren befestigten Enden sind die Federn in folgender Weise verbunden: *V* mit *Z*, *V'* mit *C* und *V''* mit dem Knopfe *f'*, welcher in dauernder Verbindung mit dem Hebel *l* des Zeichenempfängers ist.

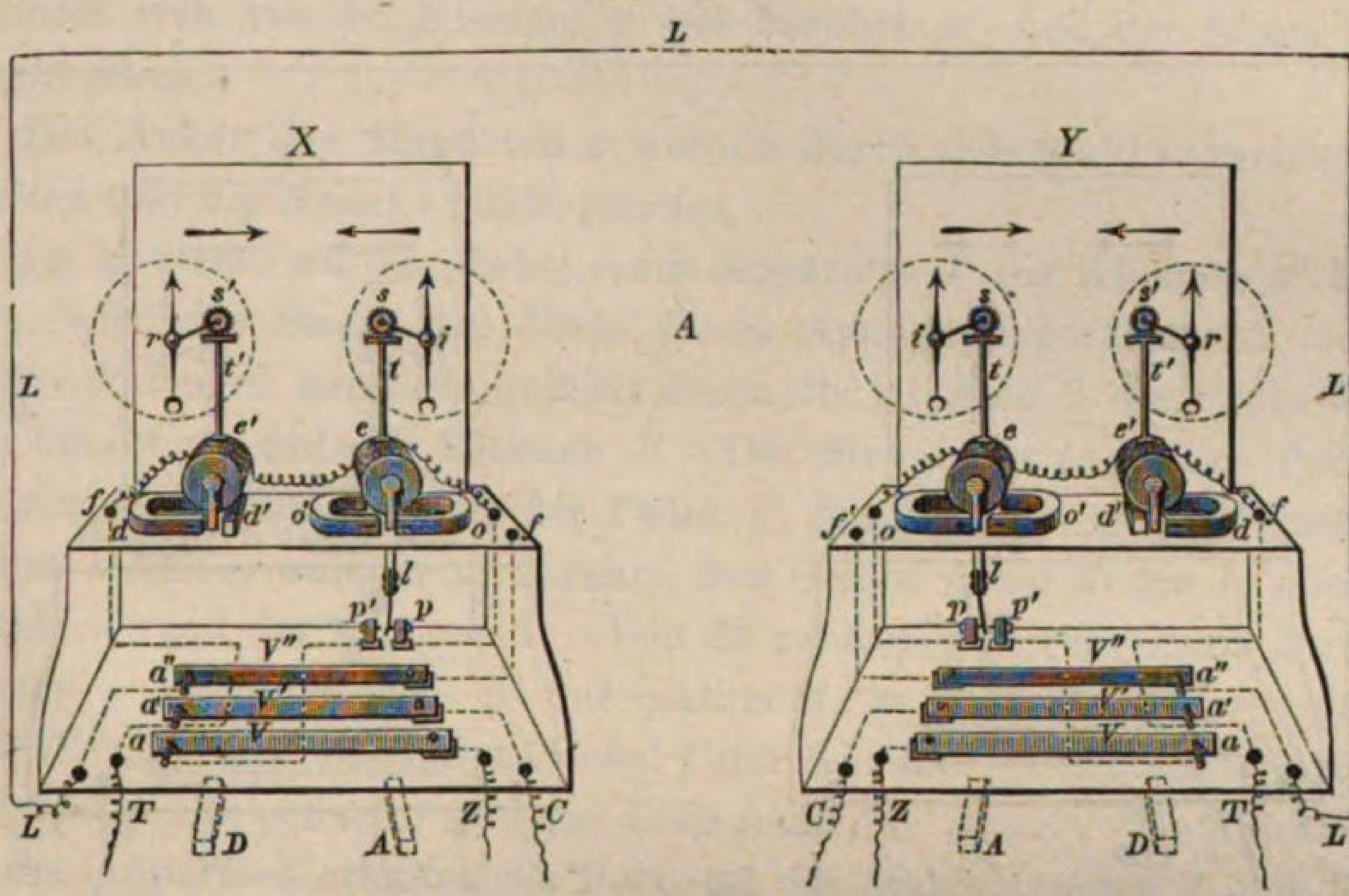
Drückt man nun den Knopf *D*, so werden alle drei Federn zurückgedrückt, so dass *V* den Contakt *a'* und *V' a''* berührt, dagegen *V''* isolirt ist.

[1]) Du Moncel App. de l'El. II, p. 155; Glaesener App de l'El. I, p. 291; Gavarret Télég. électr., p. 221.

Unter dem Fusse des Zeichenmachers sind vier Schrauben befestigt, die zu den Leitungen *L*, *T*, *C*, *Z* führen. *L* verbindet mit der Linie und *T* mit der Erde. *C* und *Z* verbinden mit den beiden Polen der Säule.

Der Zeichenempfänger besteht im Wesentlichen aus zwei auf Zapfen beweglichen, horizontalen Elektromagneten *e* und *e'*. Der Elektromagnet *e* setzt vermittelst einer kleinen Zahnstange und der gezähnten Räder *s* und *s'* die Nadel *i* in Bewegung, sein Kern endet in zwei senkrechten Ankern, die zwischen den entgegengesetzten Polen

Fig. 337.

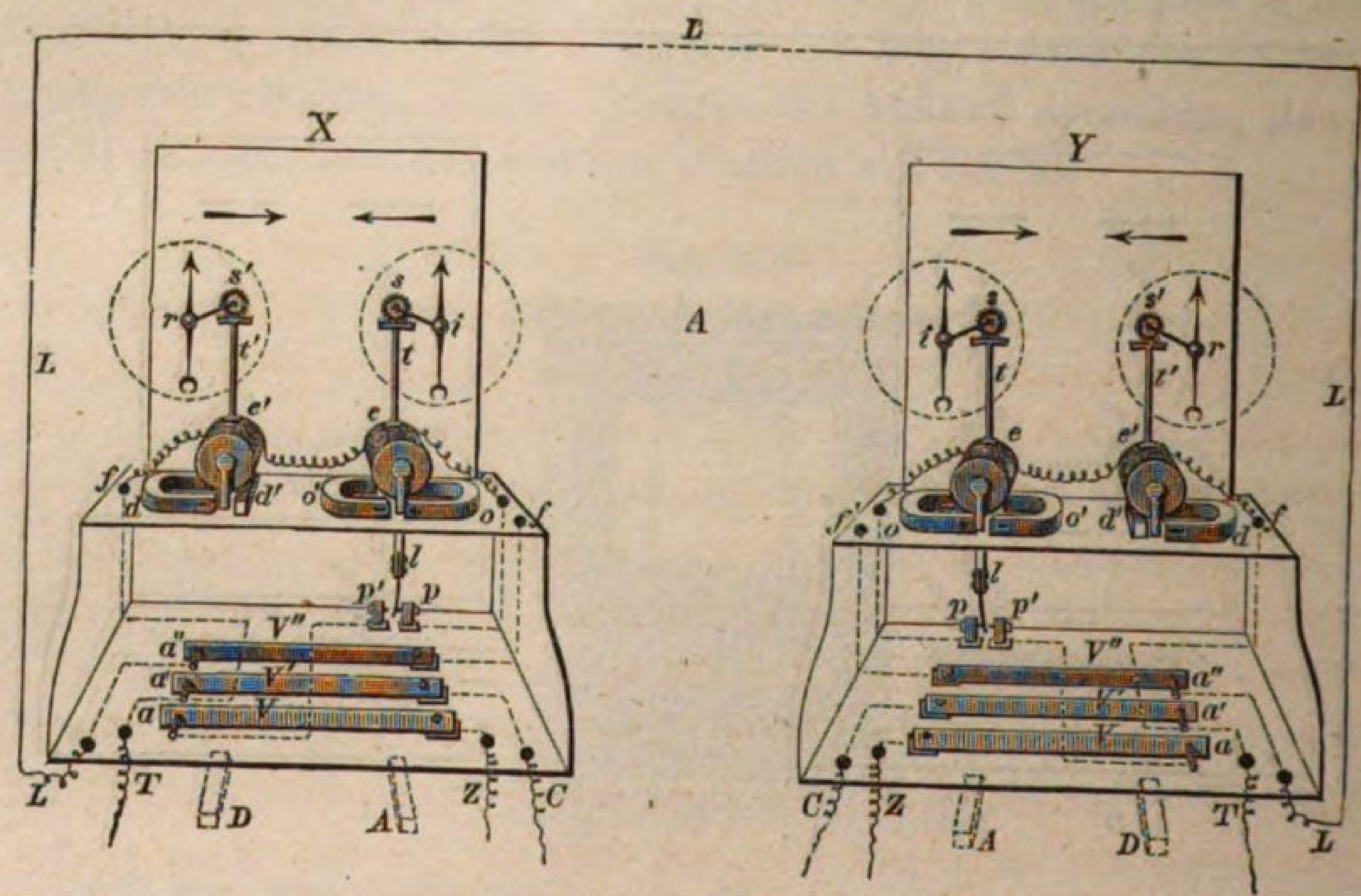


zweier Stahlmagnete *o*, *o'*, beweglich sind. Im Ruhezustande liegen die Anker gegen die Pole des Stahlmagneten *o* und die Nadel *i* steht senkrecht; wird aber jener in gleichem Sinne wie der Stahlmagnet *o* magnetisirt, so werden die Anker gegen *o'* gestossen, und der Elektromagnet dreht sich um seine horizontale Axe. Die Spirale desselben ist an ihrem einen Ende mit zwei senkrechten Hebeln *t* und *l*, versehen. Der obere Hebel *t* bewegt mittelst des Rades *s* die Nadel *i* in der Richtung des Pfeils, wenn die Anker abgestossen werden, gleichzeitig wird der untere Hebel angezogen und berührt den Knopf *p'*. Hört nun der Elektromagnet auf zu wirken, so bleiben die Anker an den Polen des Stahlmagneten *o'*, die Nadel *i* bleibt geneigt und der Hebel *l* in Berührung mit dem Knopfe *p'*, bis ein mechanischer Druck die Spirale wieder in ihre senkrechte Stellung gegen die Polflächen des Stahlmagneten *o* zurückführt.

Wie die Zeichnung zeigt, hat der Elektromagnet *e'* mit allen dazugehörigen Theilen dieselbe Einrichtung wie der eben besprochene, nur dass an Stelle des Stahlmagneten *o* sich ein Eisenstück befindet, gegen welches sich die Anker bei der Magnetisirung legen. Wird diese durch Unterbrechung des Stromes wieder aufgehoben, so bewegen sich hier die Anker aus freien Stücken wieder zurück, und die Nadel *r* nimmt von selbst ihre senkrechte Stellung wieder ein.

Von den beiden Spiralen *e* und *e'*, welche unter einander in Verbindung stehen, steht die erstere mit der Schraube *p*, die zweite mit

Fig. 338.



dem Knopfe *f* in Verbindung. Wird nun der Strom durch die Spiralen in der Richtung von *p* nach *f* geleitet, so werden beide Kerne in demselben Sinne wie der Stahlmagnet *o* magnetisirt. In diesem Falle werden nur die Anker des Elektromagneten *e* zurückgestossen, während *e'* in Ruhe bleibt, und nur die Nadel *i* sich bewegt. Geht der Strom in entgegengesetzter Richtung, so geschieht dasselbe nur mit dem anderen Elektromagneten, und es bewegt sich die Nadel *r* allein.

Nach Beschreibung dieses Apparates wird es leicht seinen Gebrauch und die dabei stattfindende Stromverbindung zu verstehen.

Geht z. B. der Zug von der Station *A* ab, um sich nach *B* zu begeben, so drückt der Beamte in *A* den Knopf *D* des Apparates *X*, und die Federn werden aus ihrer Ruhelage gebracht. *V* berührt den Contakt *a'*, *V'* den Contakt *a''* und *V''* ist isolirt. Der negative Pol

der Säule des Apparates *X* steht in Verbindung mit der Erde durch die Klemme *Z*, die Platte *V*, den Contakt *a'* und die Klemme *T*. Der Strom geht von der Klemme *C*, nach der Platte *V'*, dem Contakt *a''*, der Klemme *L* und durch den Liniendraht *L*, und endigt an der Klemme *L* des Apparates *Y* der Station *B*. Von dort gelangt er zum Contakt *a''*, der Platte *V''*, dem Knopf *f'* und dem Hebel *l*, geht über die Klemme *p* durch die Spirale nach *f* und verliert sich in die Erde durch den Contakt *a'* und die Klemme *T*. Dadurch erhalten die Kerne *e* und *e'* des Apparates *Y* dieselbe Polarität, wie der Stahlmagnet *o*, und die Nadel *i* neigt sich in der Richtung, in der der Zug abgeht. Der Hebel *l* entfernt sich von der Klemme *p* und berührt *p'*, und der Strom ist unterbrochen.

Die Anker des Magneten *e* werden durch den Stahlmagneten *o'* gehalten und die Nadel *i* bleibt geneigt.

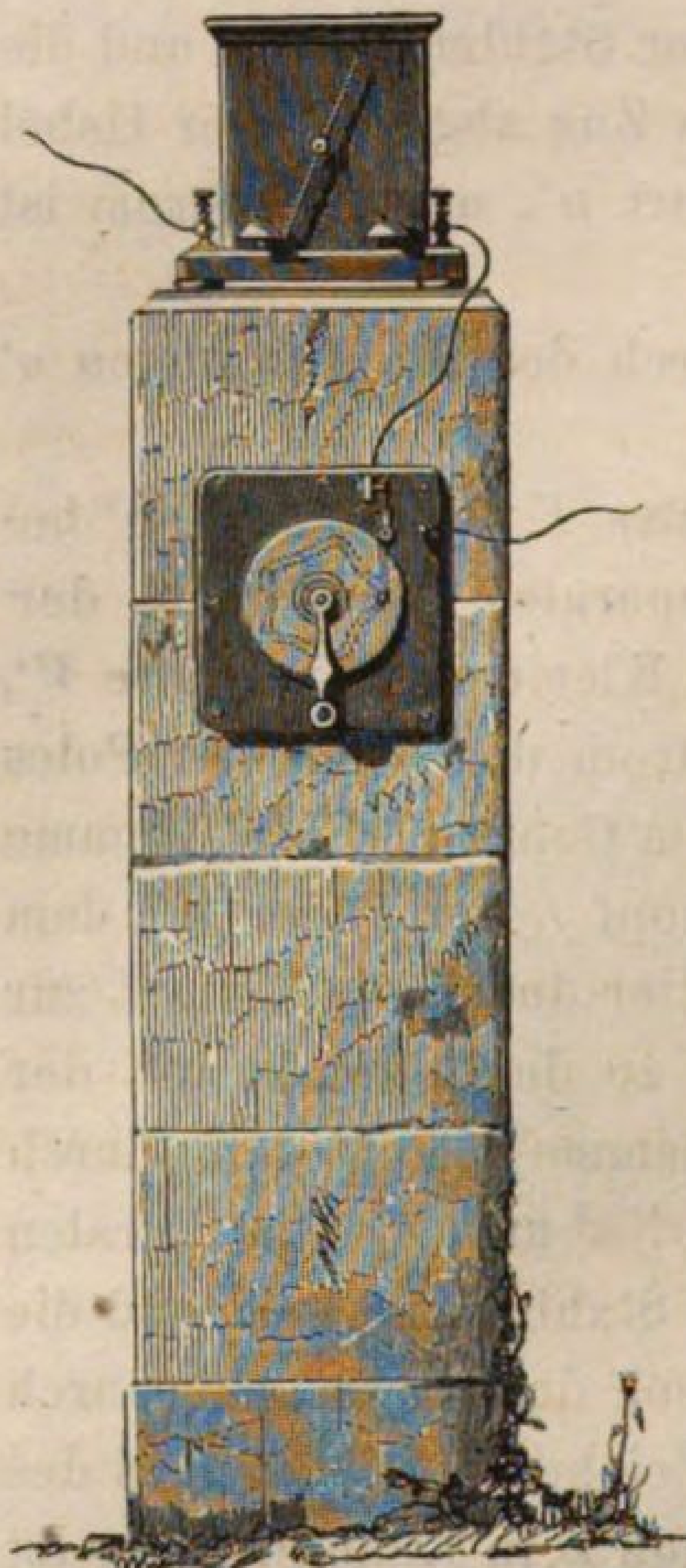
Im Moment, wo der Hebel *l* des Apparates *Y* die Klemme *p'* berührt, wird der Strom der Säule dieses Apparates geschlossen, der positive Pol wird zur Erde geführt durch die Klemme *C*, die Platte *V'*, den Contakt *a'* und die Klemme *T*. Der Strom des negativen Poles geht von der Kemme *Z* nach der Feder *V*, dem Contakt *a*, der Klemme *p'*, dem Hebel *l*, welcher *p'* berührt, dem Knopf *f*, der Feder *V''*, dem Contakt *a''* und der Klemme *L*. Von da geht er durch die Linie *L* zur Klemme *L* des Apparates *X* der Station *A*, zu dem Contakt *a''*, der Platte *V''*, dem Knopf *f'*, dem Hebel *l*, der Klemme *p*, geht dann durch die Spiralen von *p* nach *f* und zur Erde über *f*, *a'* und *T*. Die Spiralen *e*, *e*, des Apparates erhalten die Polarität des Stahlmagneten *d* und die Nadel *r* wird geneigt in dem Sinne der Richtung des Zuges. Hierdurch wird der Beamte der Station *A*, welcher das Zeichen des Abganges des Zuges gegeben hat, versichert, dass die Station *B* in Kenntniss gesetzt ist, weil die Nadel *r* der Station *A* in Bewegung kommt durch den Strom des Apparates *Y*, dessen Strom geschlossen wurde in *p'* durch den von *A* aus entsandten Strom.

Während nun der Zug sich zwischen *A* und *B* befindet, bleiben die Nadel *i* des Apparates *Y* und die Nadel *r* des Apparates *X* geneigt, die Beamten der beiden Orte sind in Kenntniss gesetzt, dass die Bahnstrecke in Anspruch genommen ist, und dass sich ein Zug von *A* nach *B* bewegt.

Kommt nun dieser Zug bei *B* an, so drückt der Beamte dieser Station den Knopf *A* des Apparates *Y*, derselbe wirkt auf einen gekrümmten Hebel, welcher den Hebel *l* von der Klemme *p'* entfernt und ihn gegen *p* drückt. Die Nadel *i* des Apparates *Y* ist wieder senkrecht

gestellt, die Armatur der Spirale *e* ist in ihre Ruhelage gegen die Polflächen des Stahlmagneten *o* gebracht. Nun ist aber der Strom der Säule des Apparates *Y* in *p'* unterbrochen, die Armatur der Spirale *e'* des Apparates *X* unmagnetisch, und die Nadel *r* stellt sich senkrecht. Nun weiss der Beobachter in *A*, dass der Zug das Haus *B* passirt hat und die Schienen zwischen *A* und *B* wieder frei sind.

Fig. 339.



Der Apparat zum Hülfefordern besteht aus einem Galvanometer und einem Zeichengeber, welche, wie die Fig. 339 zeigt, auf einem Ständer befestigt sind. In Entfernungen von 400^m an dem Schienenstrange entlang sind die Apparate aufgestellt und durch einen galvanischen Strom unter einander verbunden. Die Nadel des Galvanometers schlägt bei ihrer Ablenkung zu beiden Seiten gegen eine Glocke, wie man aus den punktirten Linien der Figur sieht. Das Rad des Zeichengebers ist mit Zähnen versehen, deren Zahl mit der Zahl des Apparates von der Station aus übereinstimmt, so dass z. B. bei einer ganzen Umdrehung der Kurbel der zweite Apparat 2, der fünfte 5 etc. Nadelablenkungen und ebensoviel Glockenschläge hervorbringt, wodurch dem Beobachter auf der Station der Apparat angegeben wird, welcher Hülfe verlangt. Dieser Beobachter wendet darauf den Strom und lässt die Nadel nach der anderen Seite hin anschlagen, als Zeichen, dass er die Nachricht verstanden habe.

4. Apparat von Steinheil. Unter den vielen Einrichtungen der Art, die man auf den verschiedenen Eisenbahnen herzustellen versucht hat, müssen wir den schon vor dem eben beschriebenen von Steinheil angegebenen Apparat erwähnen, welcher ausser den bisher genannten Zeichen noch andere giebt. Mittelst des Steinheil'schen Systems wird angezeigt:

1. Der Moment der Abfahrt des Zuges und der Ankunft auf jeder Station.
2. Die Geschwindigkeit des Zuges auf jedem Punkte seines Laufes.

3. Die Dauer des Aufenthalts auf den Stationen.
4. Die Gegenwart eines jeden Wärters auf seinem Posten.
5. Die Dauer der ganzen Fahrt.
6. Das Mittel, durch welches der Zugführer von jedem Wärterhause aus mit der Nachbarstation correspondiren kann.

Zur Erreichung dieser Zwecke bedient sich Steinheil eines Leitungsdrahtes, zweier Reihen von Unterbrechern in den Wärterhäusern und auf den verschiedenen Stationen, und auf jeder Endstation Chronographen und einer galvanischen Säule.

Der Chronograph besteht aus einer horizontalen Scheibe, die durch ein Uhrwerk in Bewegung gesetzt wird, und über der ein Blatt Papier befestigt ist. Der Limbus dieses Blattes ist von Minute zu Minute getheilt, und diese Theilung correspondirt mit dem Gange der Uhr. Hinter dem Uhrwerk des Chronographen ist ein Elektromagnet befestigt, dessen Anker mit seiner Fortsetzung nach der vorderen Seite reicht und an seinem Ende ein Gefäss mit Tinte trägt, welches jedes Mal einen Strich auf dem Papier macht, wenn der Anker angezogen, also der Magnet in Thätigkeit ist. Endlich ist ausser dem Schreibstift an dem Anker noch ein Hammer befestigt, welcher gegen eine Glocke schlägt, sobald der Anker angezogen wird.

Mittelst dieser Einrichtung können alle vorn genannten Zwecke erreicht werden. Im Augenblicke der Abfahrt jedes Zuges von einer Station berührt der Wärter den Unterbrecher, und es ist der Moment der Abfahrt auf der letzten Station verzeichnet, nach welcher hin sich der Zug wendet. Unternimmt nun ein jeder Wärter diese Arbeit, sobald der Zug an seinem Hause ankommt, so erkennt man aus dem Abstande der Zeichen sowohl die Geschwindigkeit des Zuges, als die Aufmerksamkeit des Wärters. Bewirkt der Beamte bei der Ankunft auf der Station eine Drehung seines Unterbrechers und bringt ihn nicht eher in die normale Lage, als bis der Zug abgeht, so ist dadurch die Dauer des Aufenthalts auf der Station verzeichnet. Für den Fall endlich, dass der Zug einen unvorhergesehenen Aufenthalt erfährt, kann der Zugführer von dem nächsten Wärterhause aus durch schnelles oder langsames Bewegen des Unterbrechers Zeichen an der Glocke der nächsten Station geben, welche sich durch ihre Intensität unterscheiden, und mittelst deren ein System von Zeichen zusammengestellt werden kann.

Ein jeder Zug führt ausserdem noch eine mit einem Elektromagneten verbundene Glocke mit sich, welche das Zurückempfangen einer Antwort möglich macht, indem der Elektromagnet im nächsten Wärterhause in den galvanischen Kreis eingeschaltet, durch Impulse

von der Endstation den an seinem Anker befestigten Hammer gegen die Glocke schlagen lässt.

5. Morsecorrespondenz durch Stromvermehrung bei Verwendung von Signalleitungen mit Ruhestrom. Die vielfache Einführung der elektrischen Zeichen zur Sicherheit der Eisenbahnzüge anstatt der früheren optischen, beweist, wie sehr man diese jenen hintenansetzt. Die bisherigen Zeichen werden meist durch elektrische Signalglocken gegeben, doch würde ein direktes Sprechen mittelst angewandter Morseapparate bei der sich immer mehr häufenden Correspondenz sehr wünschenswerth sein. Nun sind aber die Einrichtungen bei den Signalglocken so, dass Ruhestrom benutzt wird, und die Gocken dadurch in Bewegung gesetzt werden, dass man durch das Zeichen den Strom unterbricht, den vom Strom getragenen Anker abfallen lässt und dadurch die Glocke läutet. Wollte man nun bei dieser Einrichtung, die ziemlich allgemein eingeführt ist, die gewöhnliche Morsecorrespondenz bei Ruhestrom anwenden, so würde dabei das gleichzeitige Läuten der Glocke nicht vermieden werden können, da ja beim Telegraphiren mit dem Morse ebenfalls der Strom unterbrochen werden muss.

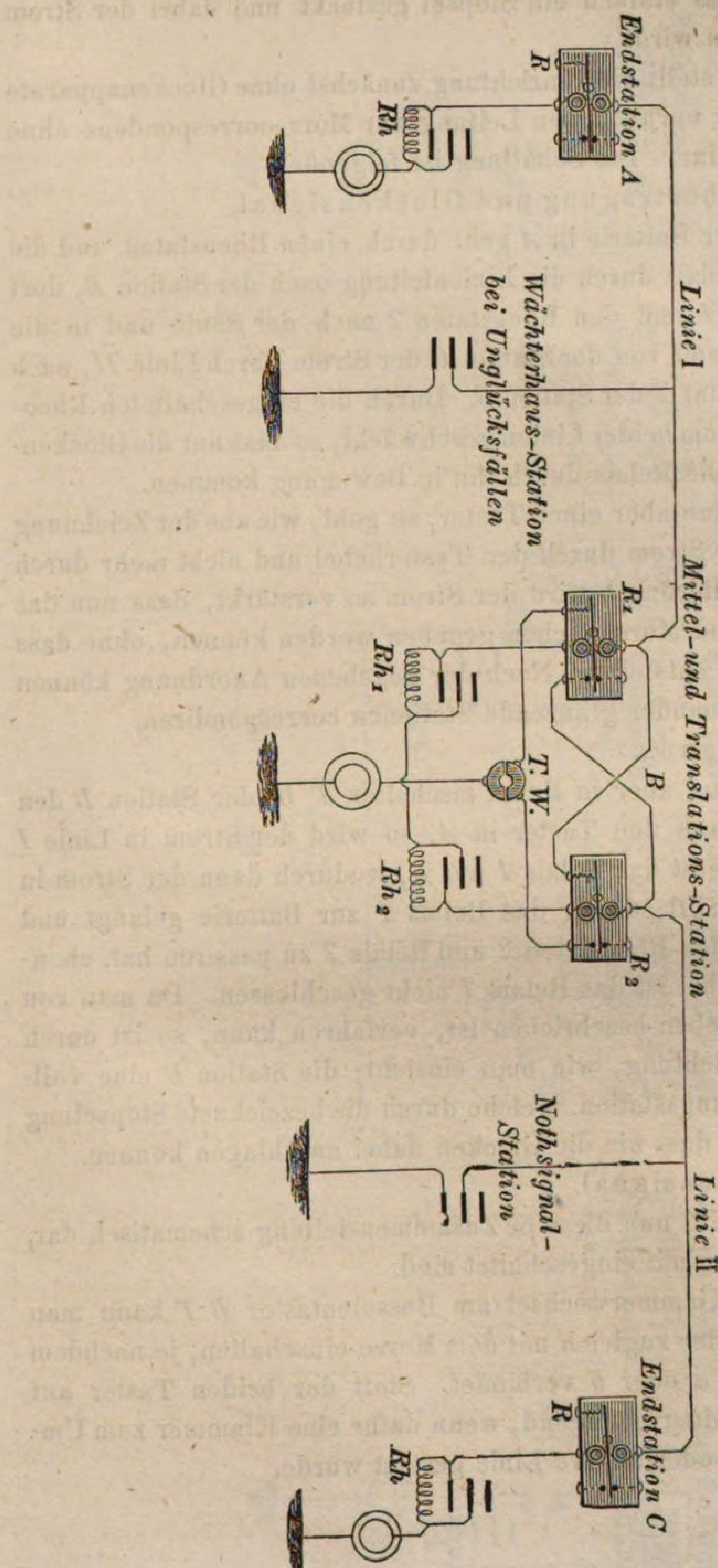
Um jedoch dessen ungeachtet die einmal vorhandenen Läute-Anlagen zur Correspondenz benutzen zu können, hat Blasch in Wien folgende Einrichtung in Vorschlag gebracht. [1])

Da der Strom der Glocken wegen nicht unterbrochen werden darf, und da eine Schwächung desselben immer die Gefahr einschliesst, dass er zum Halten der Glockenanker zu schwach werden könnte; so bleibt schliesslich nichts anderes übrig, als mittelst des Morse wie mit Arbeitsstrom zu arbeiten und zwar in der Weise, dass bei jedem Zeichen der Strom verstärkt und so der Schreibhebel in Bewegung gesetzt wird.

Ausserdem ist aber noch ein anderes Hinderniss zu überwinden. Die Glockensignalleitung erfordert auf jeder Station eine Endleitung, und es würde mithin, wenn keine Aenderung getroffen würde, auch mittelst des Morse nur von einer Station zur anderen telegraphirt werden können. Diese beschränkte Benutzung würde jedoch nur geringen Vortheil gewähren. Es ist deshalb nöthig, Relais einzuführen, welche so wenig empfindlich sind, dass sie erst bei der Stromverstärkung zur Thätigkeit kommen. Ausserdem müssen die einzelnen Stationen durch Uebertragung mit einander verbunden werden, was so eingerichtet

[1]) Brix Journ. XIII, p. 255.

Fig. 340.


Endstation A
R
Rh
Linie I
Wächterhaus-Station
bei Unglücksfällen
Mittel-und Translations-Station
R₁
Rh₁
B
T. W.
Rh₂
R₂
Nothsignal-
Station
Linie II
Endstation C
R
Rh

werden kann, dass einfach ein Stöpsel gesteckt und dabei der Strom nicht unterbrochen wird.

Die Fig. 340 stellt die Einrichtung zunächst ohne Glockenapparate mit Benutzung der vorhandenen Leitung zur Morsecorrespondenz ohne Glockenapparate dar. Die Schaltung ist folgende:

a) Ohne Uebertragung und Glockensignal.

Der Strom der Batterie in *A* geht durch einen Rheostaten und die Windungen des Relais durch die Linienleitung nach der Station *B*, dort durch das Relais *1* und den Rheostaten *2* nach der Säule und in die Erde. Ebenso kommt von der Station *C* der Strom durch Linie *II*, nach Relais *2* und Rheostat *2* der Station *B*. Durch die eingeschalteten Rheostaten wird der Strom beider Linien geschwächt, so dass nur die Glockenanker, nicht aber die Relais durch ihn in Bewegung kommen.

Drückt man nun aber einen Taster, so geht, wie aus der Zeichnung zu ersehen ist, der Strom durch den Tasterhebel und nicht mehr durch den Rheostaten. Hierdurch wird der Strom so verstärkt, dass nun das Relais anspricht und Morsezeichen gegeben werden können, ohne dass die Glockensignale entstehen. Nach der gegebenen Anordnung können aber nur zwei aneinander gränzende Stationen correspondiren.

b) Uebertragung.

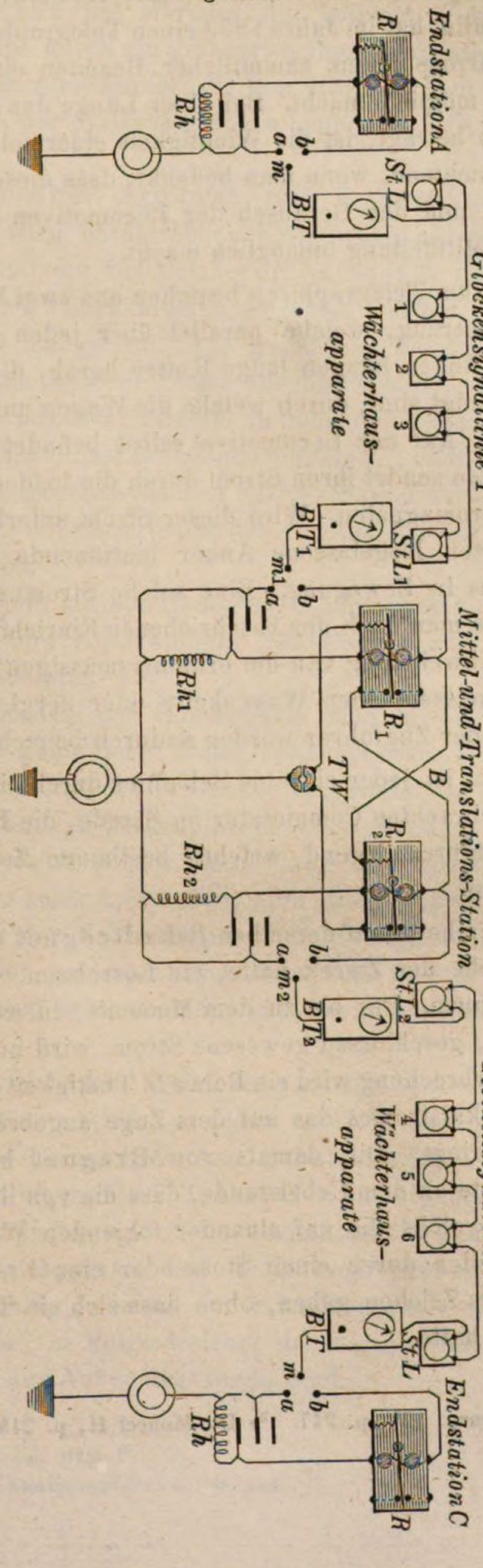
Steckt man nun aber in den Umschalter *T W* der Station *B* den Stift und drückt dann den Taster in *A*, so wird der Strom in Linie *I* verstärkt und schliesst das Relais *1* auf *B*, wodurch dann der Strom in Linie *II* über den Stift, durch das Relais *1* zur Batterie gelangt und nun, weil er nicht den Rheostaten *2* und Relais *2* zu passiren hat, ebenfalls verstärkt. Dabei ist das Relais *2* nicht geschlossen. Da man von *C* her ebenso, wie eben beschrieben ist, verfahren kann, so ist durch diese einfache Einrichtung, wie man einsieht, die Station *B* eine vollständige Uebertragungsstation, welche durch die bezeichnete Stöpselung so hergestellt wird, dass nie die Glocken dabei anschlagen können.

c) Mit Glockensignal.

Die Fig. 341 stellt nun dieselbe Zusammenstellung schematisch dar, nur dass die Glocken mit eingeschaltet sind.

Durch einen Klammerwechsel am Bussolentaster *B T* kann man die Glocken allein oder zugleich mit dem Morse einschalten, je nachdem man m_1 und m_2 mit *a* oder *b* verbindet. Statt der beiden Taster auf der Station *B* wäre einer genügend, wenn dafür eine Klammer zum Umschalten in die eine oder andere Linie gesetzt würde.

Fig. 341.


Endstation A
Glockensignallinie I
Wächterhaus-apparate
Mittel-und-Translations-Station
Glockensignallinie II
Wächterhaus-apparate
Endstation C

6. Telegraph der Eisenbahnzüge. Hermann, Ingenieur der Orleans-Eisenbahn, hat im Jahre 1853 einen Telegraphen eingerichtet, [1]) welcher die Correspondenz sämmtlicher Beamten eines Zuges selbst unter einander möglich macht. Bei einer Länge der Züge, welche oft über 1200 Fuss beträgt, ist die Wichtigkeit einer solchen Einrichtung von selbst einleuchtend, wenn man bedenkt, dass diese Züge in dunklen Nächten gehen, und das Geräusch der Locomotiven und Wagen jede sonst mögliche Mittheilung unmöglich macht.

Die Mittel zum Telegraphiren bestehen aus zwei Metalldrähten mit Guttapercha-Ueberzug, welche parallel über jeden Wagen befestigt sind. An ihren Enden hängen lange Ketten herab, die mit den Sicherheitsketten vereinigt sind, durch welche die Wagen unter einander verbunden werden. Auf der Locomotive selbst befindet sich eine kleine Batterie und diese sendet ihren Strom durch die beiden Leitungsdrähte und einen Elektromagneten. Wird dieser Strom unterbrochen, so setzt der von Magneten losgelassene Anker lauttönende Glocken an der Spitze des Zuges in Bewegung. Eine solche Stromunterbrechung geschieht aber, wie man nach der beschriebenen Einrichtung erkennt, bei der geringsten Abweichung von der ordnungsmässigen Einrichtung, wie z. B. beim Zerreissen einer Wagenkette oder dergl., und der Obercondukteur und der Zugführer werden dadurch benachrichtigt.

Andererseits ist jeder einzelne Schaffner durch einen kleinen, bei seinem Sitz angebrachten Commutator im Stande, die Leitung zu unterbrechen und dadurch irgend welches bestimmte Zeichen durch die Glocken zu geben.

Schon früher hatte auf derselben Bahn Bréguet eine Vorrichtung getroffen,[2]) welche den Zweck hatte, ein Losreissen eines Theiles des Zuges zu bezeichnen. Der bis zu dem Momente, in welchem das Losreissen stattfand, geschlossen gewesene Strom, wird unterbrochen, und durch diese Unterbrechung wird ein Relais in Thätigkeit gesetzt, welches mittelst eines Lokalstromes das auf dem Zuge angebrachte Läutewerk in Bewegung bringt. Die damals von Bréguet hergestellte Vorrichtung scheiterte an dem Uebelstande, dass die von ihm angebrachten Leitungsketten, welche die auf einander folgenden Wagen des Zuges verbanden, zuweilen durch einen Stoss oder eine Erschütterung zerrissen und so das Zeichen gaben, ohne dass sich ein Theil der Wagen vom Zuge gelöst hatte.

[1]) Dingler's Journ. 128, p. 247. [2]) Du Moncel II, p. 215.

Nach Hermann hat Mirand die leitende Verbindung in der ganzen Wagenreihe durch ein getheertes Band hergestellt, welches mit drei Metalldrähten versehen ist, die den Strom zu dem oben genannten Relais und der an der Spitze des Zuges befindlichen Glocke führen.

7. Morse'scher Apparat mit Ruhestrom zu Hülfssignalen. Die vorn beschriebene Einrichtung auf mehreren Eisenbahnstrecken Hannovers, bei welcher die Nothsignale mittelst der Hülfssignalgeber in den Glockenbuden gegeben wurden, erwies sich in mancher Hinsicht mangelhaft. Die gegebenen Zeichen lassen einmal nicht erkennen, an welcher Stelle der hülfsbedürftige Zug liegt; es werden ferner die mit dem Schlüssel zu gebenden Zeichen nicht gehörig gemacht, und kommen deshalb falsche Signale an; endlich hat man keine Garantie, ob die gegebenen Zeichen auf der Station wirklich ankommen, was von der Stärke der Batterie und der Abreissfeder des Elektromagnetankers abhängig ist.

Man hat deshalb auf den Hannoverschen Bahnen zu dem genannten Zwecke umfassendere Vorrichtungen getroffen, welche Frischen folgendermassen beschreibt.[1])

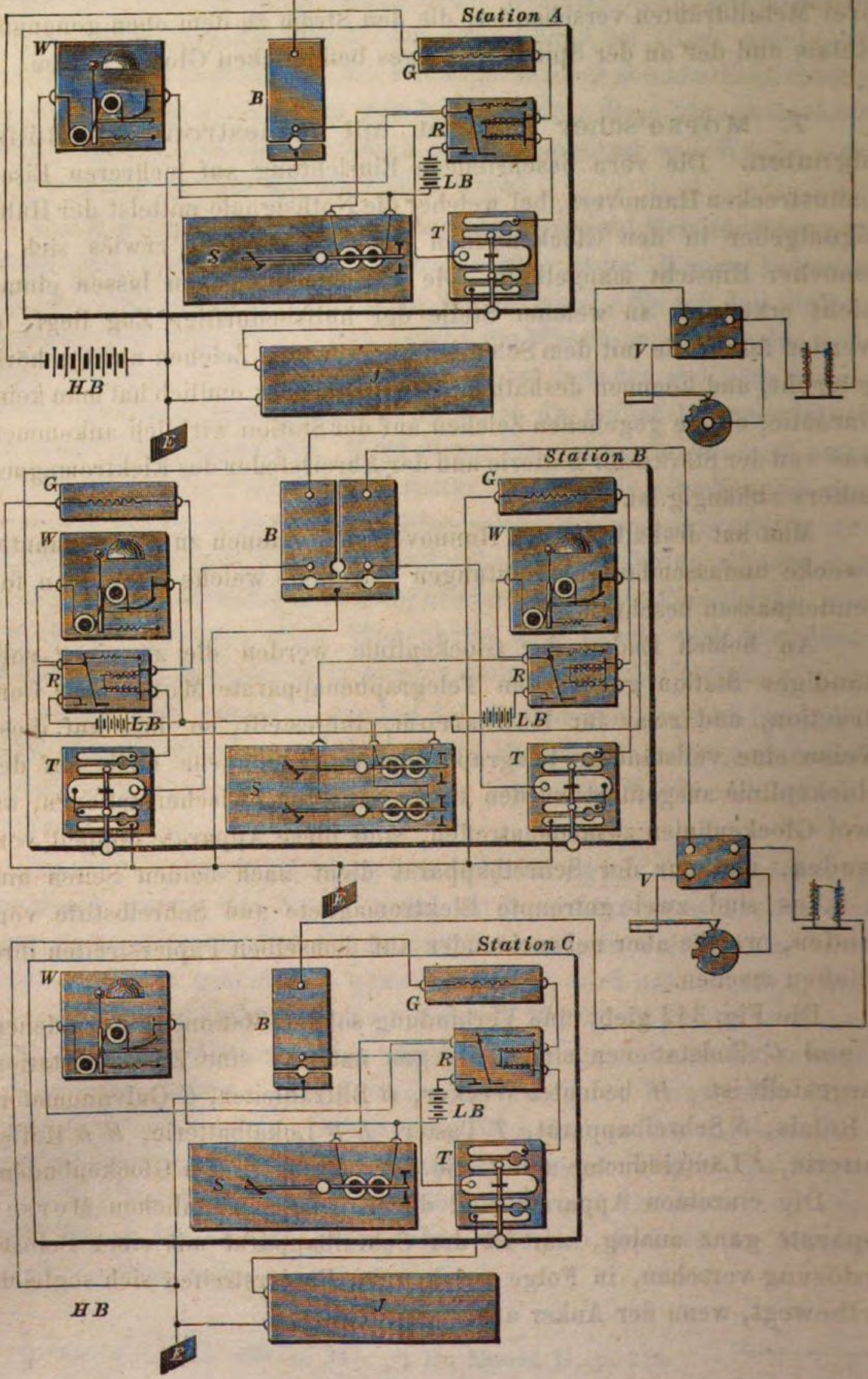
An beiden Enden der Glockenlinie werden die zu einer vollständigen Station gehörenden Telegraphenapparate Morse'cher Construction, und zwar für Ruhestrom, aufgestellt, so dass auf diese Weise eine vollständige telegraphische Correspondenz auch auf der Glockenlinie ausgeführt werden kann. Auf den Zwischenstationen, wo zwei Glockenlinien zusammentreffen, sind diese Apparate doppelt vorhanden, und nur der Schreibapparat dient nach beiden Seiten hin, d. h. es sind zwei getrennte Elektromagnete und Schreibstifte vorhanden, welche aber nebeneinander auf demselben Papierstreifen ihre Zeichen machen.

Die Fig. 342 giebt eine Verbindung solcher Stationen, unter denen *A* und *C* Endstationen sind, wogegen unter *B* eine Zwischenstation dargestellt ist. *W* bedeutet Wecker, *B* Blitzableiter, *G* Galvanometer, *R* Relais, *S* Schreibapparat, *T* Taster, *L B* Lokalbatterie, *H B* Hülfsbatterie, *I* Läuteinductor und *V* die Vorrichtung in den Glockenbuden.

Die einzelnen Apparate sind denen beim gewöhnlichen Morseapparate ganz analog, nur ist der Schreibapparat mit einer Selbstauslösung versehen, in Folge welcher der Papierstreifen sich sogleich fortbewegt, wenn der Anker angezogen wird.

[1]) Brix Journal IX, pag. 6.

Fig. 342.

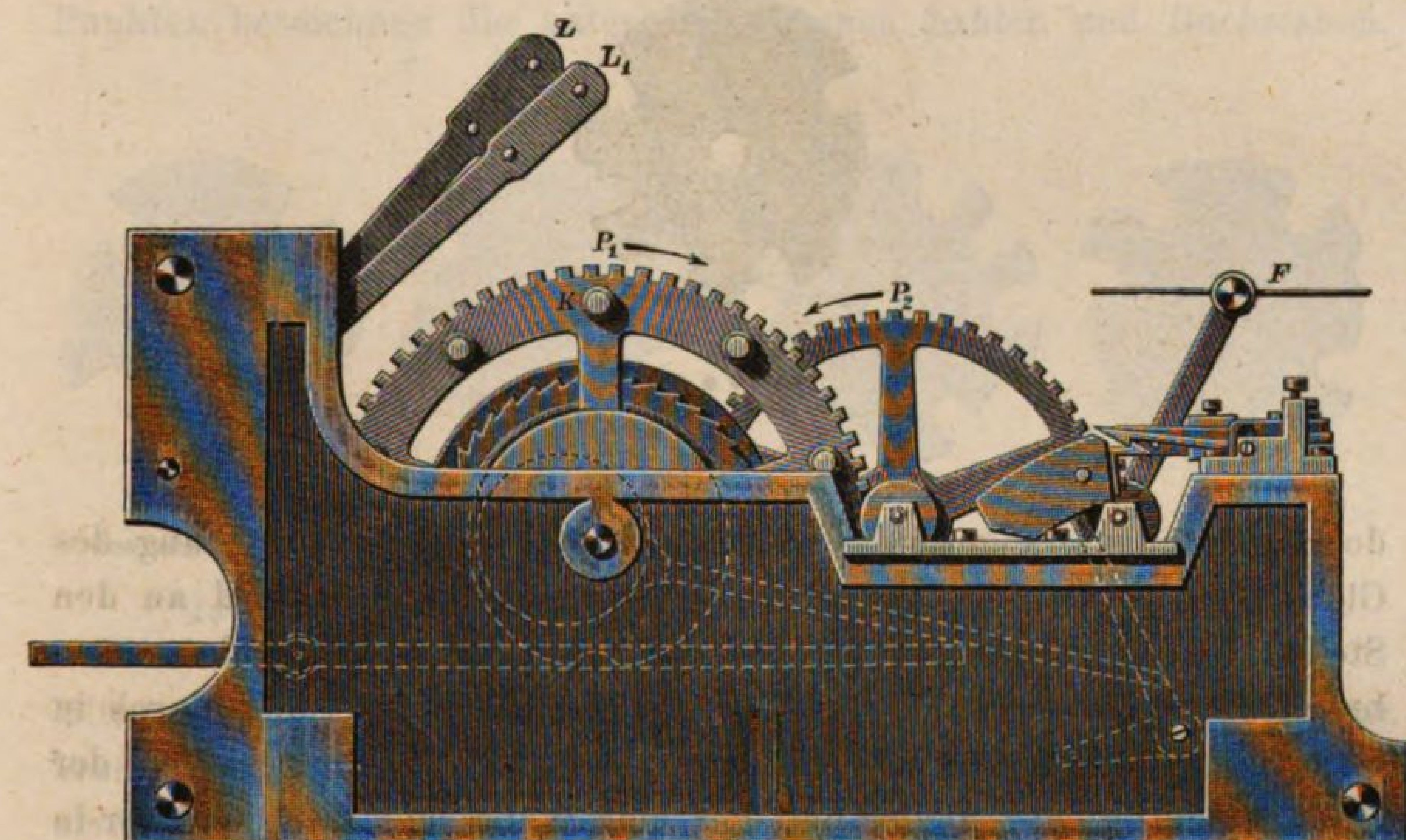

Station A
W
B
G
R
LB
S
T
V
HB
J
E
Station B
G
B
G
W
W
R
R
LB
LB
T
S
T
V
E
Station C
W
B
G
R
LB
S
T
HB
J
E

Der Schlüssel hat bei jedem Contakte noch eine besondere Schiene, die durch Einstecken eines Stöpsels mit der Contaktschiene verbunden werden kann.

Gleichzeitig mit dem Arbeiten des Schreibapparates ertönt ein Wecker mit continuirlicher Selbstunterbrechung, um die Aufmerksamkeit der Beamten ganz besonders zu erregen.

Der Stromlauf ergiebt sich mit Leichtigkeit aus der Zeichnung. Zu bemerken ist, dass, wenn am Taster der Stöpsel in den oberen Löchern steckt, die Apparate zum Telegraphiren und Empfangen der Hülfssignale

Fig. 343.



eingeschaltet sind, wogegen, wenn ein Glockensignal zu geben ist, die unteren Löcher gestöpselt sein müssen, wodurch dann die Hülfssignale ausgeschaltet sind, und der Läuteinductor *I* auf den Stationen *A* und *C* beim Niederdrücken des Tasters seinen Strom zum Auslösen der Glockenwerke in die Linie sendet.

Der Strom der Hülfssignalbatterie *H B*, welche auf den mit Stromerzeugern versehenen Stationen placirt ist, ist nicht kräftig genug, die Elektromagnete der Glockenlinie zum Anziehen zu bringen, reicht aber zum Betriebe der Relais auf den Stationen vollkommen aus.

Die Glockenbuden. Um nun mittelst dieser Einrichtung auf den Stationen von der Strecke aus Hülfssignale zu erhalten, ist in den

einzelnen Glockenbuden folgende Einrichtung getroffen. Auf der Axe des Rades P_2 Fig. 343 des Glockenwerks von **Siemens** und **Halske**, welches bei jedem Glockenschlage eine Umdrehung macht, ist eine Messingscheibe befestigt, die am Rande verschiedene Einschnitte hat, etwa wie Fig. 344 zeigt. Auf diesem Scheibenrande schleift eine Messingfeder, welche mit der Linienleitung in Verbindung steht, so dass der Strom durch diese und die eingeschnittene Scheibe und auch durch das ganze Gestell und die Scheibe zu den Elektromagneten des Glockenwerks geht. Wird nun durch die Glockenlinie der starke Strom

Fig. 344.



▬ • • • •

9

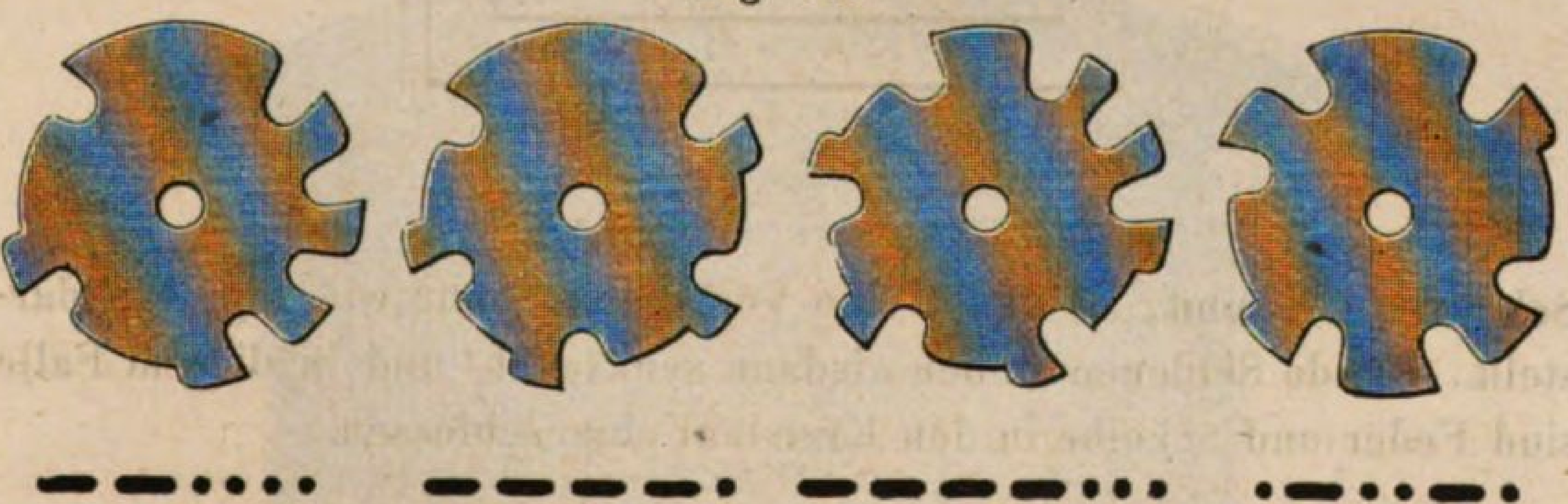
des Läuteinductors gesandt, so setzt derselbe durch Aushebung des Glockenwerks die Scheibe mit in Bewegung. Dadurch wird an den Stellen der Einschnitte der Scheibe der Strom durch die Feder unterbrochen. Setzt man nun irgend eines der Glockenwerke dadurch in Bewegung, dass man den Elektromagneten des Glockenwerks mit der Hand niederdrückt, so beginnt dies eine Werk zu laufen, und der in der Glockenleitung circulirende Strom der Hülfssignalbatterie wird den Einschnitten an der Scheibe des betreffenden Glockenwerks gemäss wiederholt unterbrochen und hergestellt. Hierdurch werden die Papierstreifen der Schreibapparate auf den Stationen mit Zeichen versehen, welche den Einschnitten auf der Scheibe des in Bewegung gesetzten Glockenwerks entsprechen und wie bei der gewöhnlichen **Morse**schrift aus Strichen und Punkten zusammengesetzt sind. Die Einschnitte der Scheiben sind an jedem der verschiedenen Glockenwerke verschieden gestaltet, so dass ein jedes sein eigenes Zeichen giebt.

Da bei diesen Zeichen als Norm hingestellt ist, dass ein Punkt die Einheit und ein Strich 5 Einheiten bedeutet, so sind die Zeichen folgende:

• = 1	— • = 6
• • = 2	— • • = 7
• • • = 3	— • • • = 8
• • • • = 4	— • • • • = 9
— = 5	— — = 10 etc.

Hiernach muss die Scheibe des ersten Glockenwerkes der Linie mit einem Einschnitte versehen sein, der einen Punkt mittelst des Schreibhebels hervorbringt. Es muss dieser Einschnitt nur eine kurze Unterbrechung in der Berührung der Feder mit der Scheibe veranlassen, wogegen ein Strich eine längere Unterbrechung erfordert. Die in der Fig. 345 gezeichneten Scheiben mit den darunter gestellten Strichen und Punkten bezeichnen die untergeschriebenen Zahlen und Buchstaben.

Fig. 345.



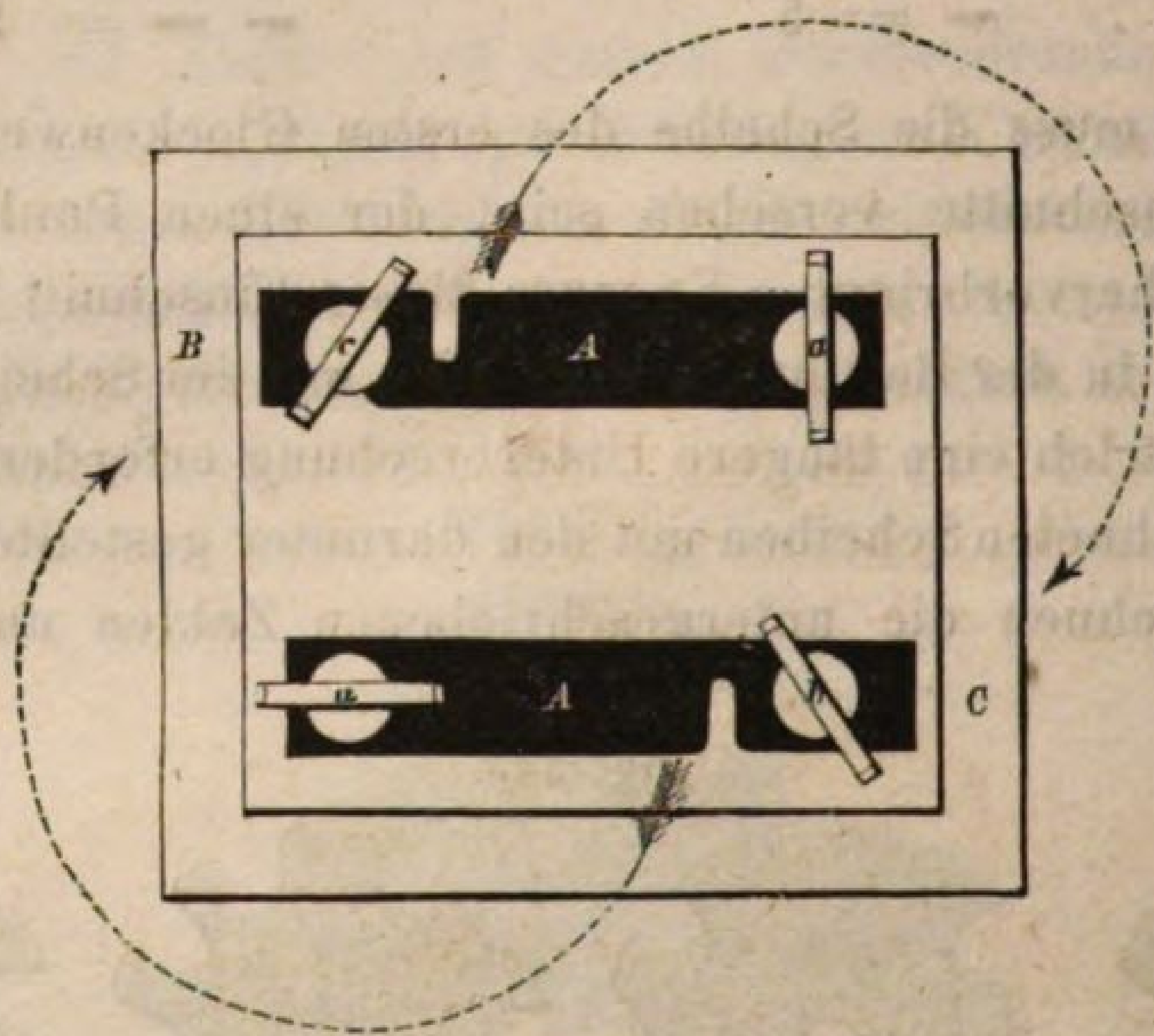
14 *21* *23* *rr*

Mittelst dieser Einrichtung wird es möglich, diejenige Glockenbude zu bezeichnen, von welcher aus das Zeichen gegeben wird. Die Scheibe eines jeden Glockenwerks bezeichnet nämlich einfach die Nummer der Bude, in der sie sich befindet, während auf den Stationen sich das Verzeichniss der Buden und das des Hülfssignals befindet, welches einer jeden zuertheilt ist.

Um jedoch zu vermeiden, dass durch Muthwillen, Bosheit oder sonstige Einflüsse das Signal gegeben werde, ist in den Glockenbuden noch ein Einschalter angebracht, welcher für gewöhnlich die Feder und Scheibe aus dem Kreislauf auschaltet. Dieser Einschalter besteht aus 4 Flügelschrauben Fig. 346, welche zwei Messingschienen festhalten. Von jeder der vier Schrauben geht ein Leitungsdraht ab, dessen Verbindung mit den Apparaten aus Fig. 343 bei *V* zu ersehen ist. Man erkennt aus der Verbindung, dass Feder und Scheibe aus dem Kreislauf ausgeschaltet sind, wenn die Schienen horizontal stehen, wie die Fig. 348 zeigt. Legt man dagegen die Schienen so herum, wie durch

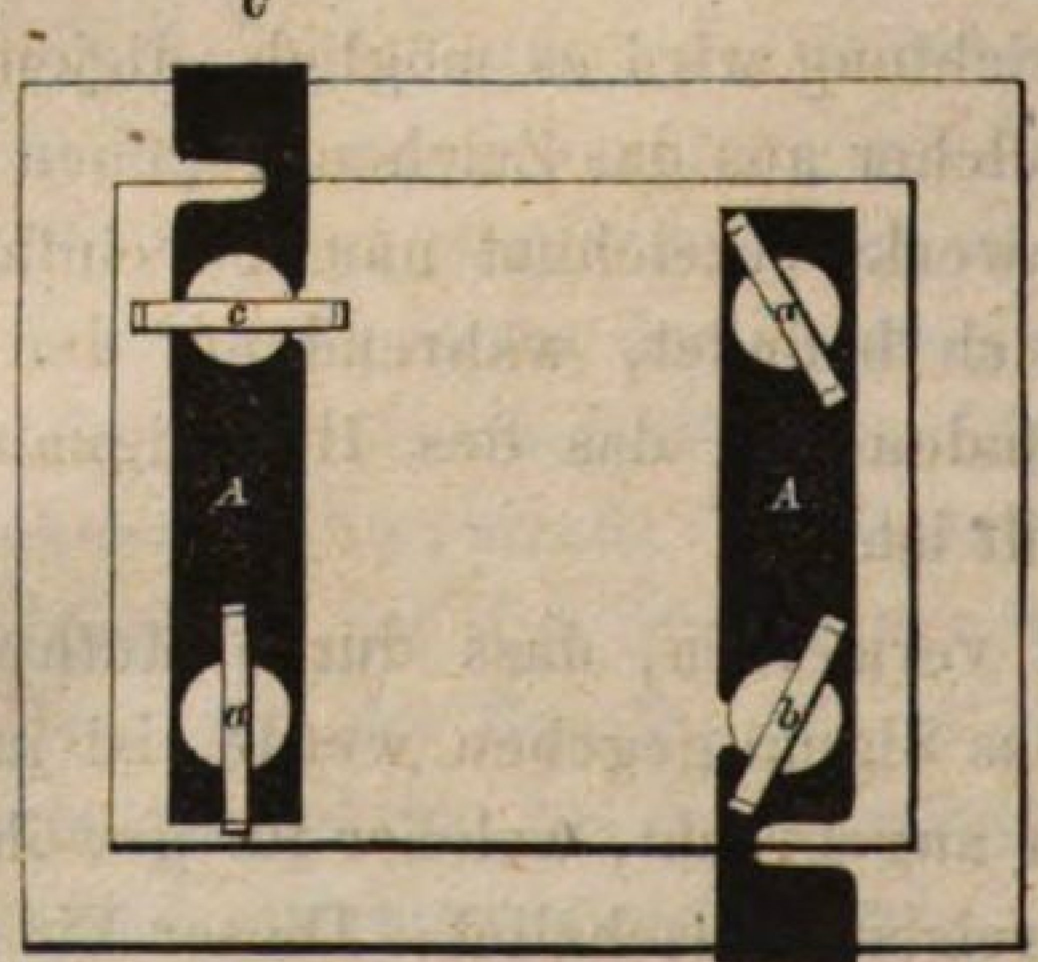
die punktirten Pfeile angedeutet ist, so dass also das Ende *B* der oberen Schiene unter die Schraube *b*, und *C* der unteren unter die

Fig. 346.



Schraube *c* kommt, so findet eine Verbindung statt wie Fig. 347 darstellt. Beide Schienen stehen alsdann senkrecht, und in diesem Falle sind Feder und Scheibe in den Kreislauf eingeschlossen.

Fig. 347.

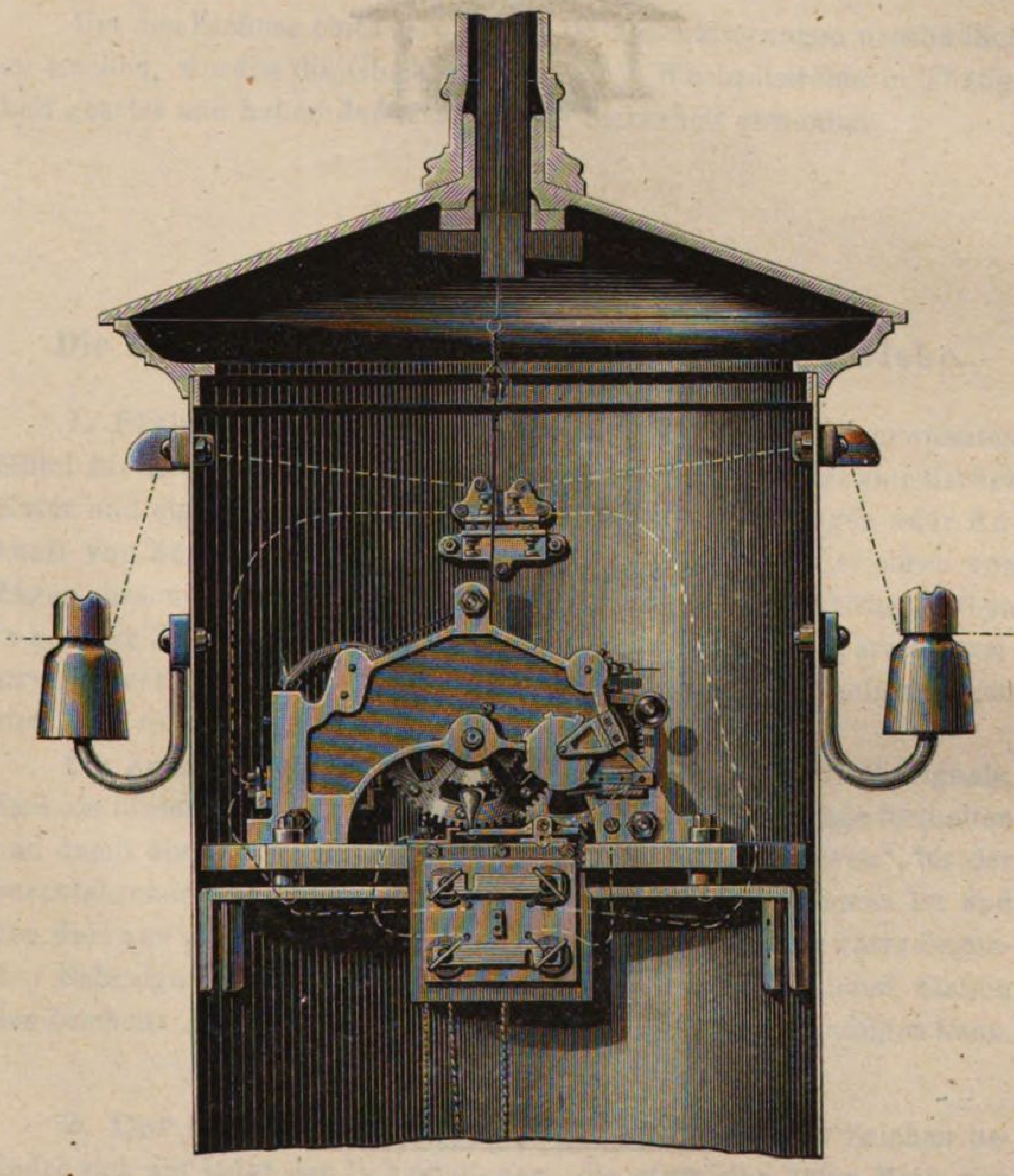


Der Hülfssignaleinschalter wird durch einen verschliessbaren Kasten überdeckt, dessen Schlüssel in der Wärterstube angesiegelt ist.

In neuerer Zeit ist diese Hülfssignaleinrichtung wesentlich dadurch vereinfacht, dass auf den Stationen nur ein Sprechapparat vorhanden

ist, der je nachdem der Wecker von der einen oder anderen Richtung her ertönt, nach der entsprechenden Richtung eingeschaltet wird, während zugleich das Ingangsetzen der Glockenwerke ohne Mithülfe der Nachbarstation geschieht. Durch eine entsprechende Schaltung ist Fürsorge getragen, dass der starke Strom der magnetelektrischen Inductoren die Empfindlichkeit der Wecker beeinträchtigt.

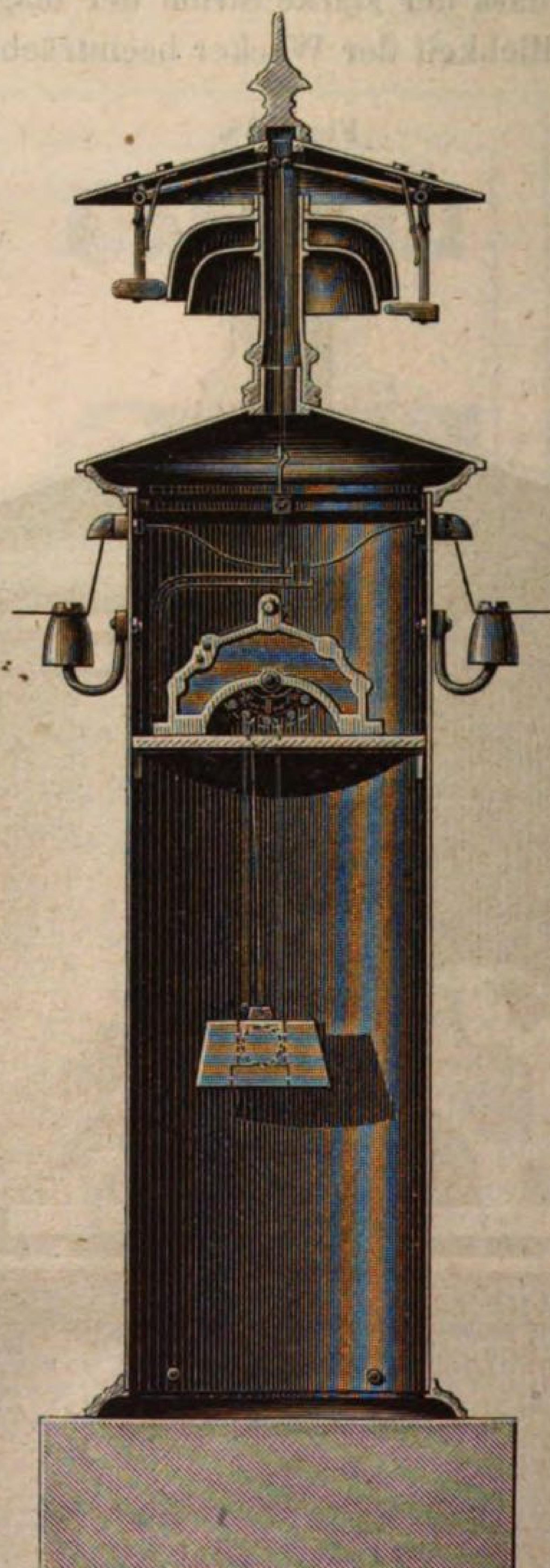
Fig. 348.



Statt der in Fig. 343 dargestellten Glockenwerke werden in neuerer Zeit von Siemens und Halske solche ohne Räder angewendet, wie sie die Fig. 348 darstellt. Ihre Einrichtung ergiebt sich aus der Zeichnung

selbst. Diese Vorrichtung wird, wie die Fig. 349 zeigt, von einem Gewicht in Gang erhalten und ist in einer aus Eisen gefertigten Glocken-

Fig. 349.



bude eingeschlossen, die oben die beiden Glocken trägt, an die die Hämmer mittelst der nach oben führenden Verbindung mit dem Gangwerke anschlagen.

Diese Buden, wie die Gangwerke zeichnen sich durch Einfachheit und Stabilität aus. — Die Hülfssignale werden durch Einstecken verschiedener Schlüssel gegeben, deren jeder ausser der Nummer der Glockengebäude ein besonderes Hülfssignal giebt, aus dem man die Art des Unfalles, so wie die erforderliche Hülfe erkennen kann. Es besteht hiernach das Geben des Hülfssignals nur dem Einstecken des richtigen Schlüssels, das Glockenwerk giebt dann automatisch das nöthige Zeichen nach der Nachbarstation.

Um den Einfluss eines Gewitters oder Erschütterungen unschädlich zu machen, werden die Glockenwerke durch Wechselströme in Thätigkeit gesetzt und haben dadurch sehr an Sicherheit gewonnen.

§ 3.

Die Blocksignalapparate von Siemens und Halske.

1. Fixirung der gegebenen Zeichen. Die bisher erwähnten Mittel zur Sicherung der Eisenbahnzüge waren grösstentheils akustischer Natur und eignen sich als solche zu Anzeigen von Abgängen oder Ankunft von Zügen u. dergl. Um jedoch das Gegeneinanderfahren von Zügen, besonders solcher, welche einander folgen, zu verhüten, haben in neuerer Zeit Siemens und Halske ein System von Apparaten construirt, durch welches bewirkt wird, dass zwischen den einzelnen Zügen stets eine räumliche Entfernung bleibt.

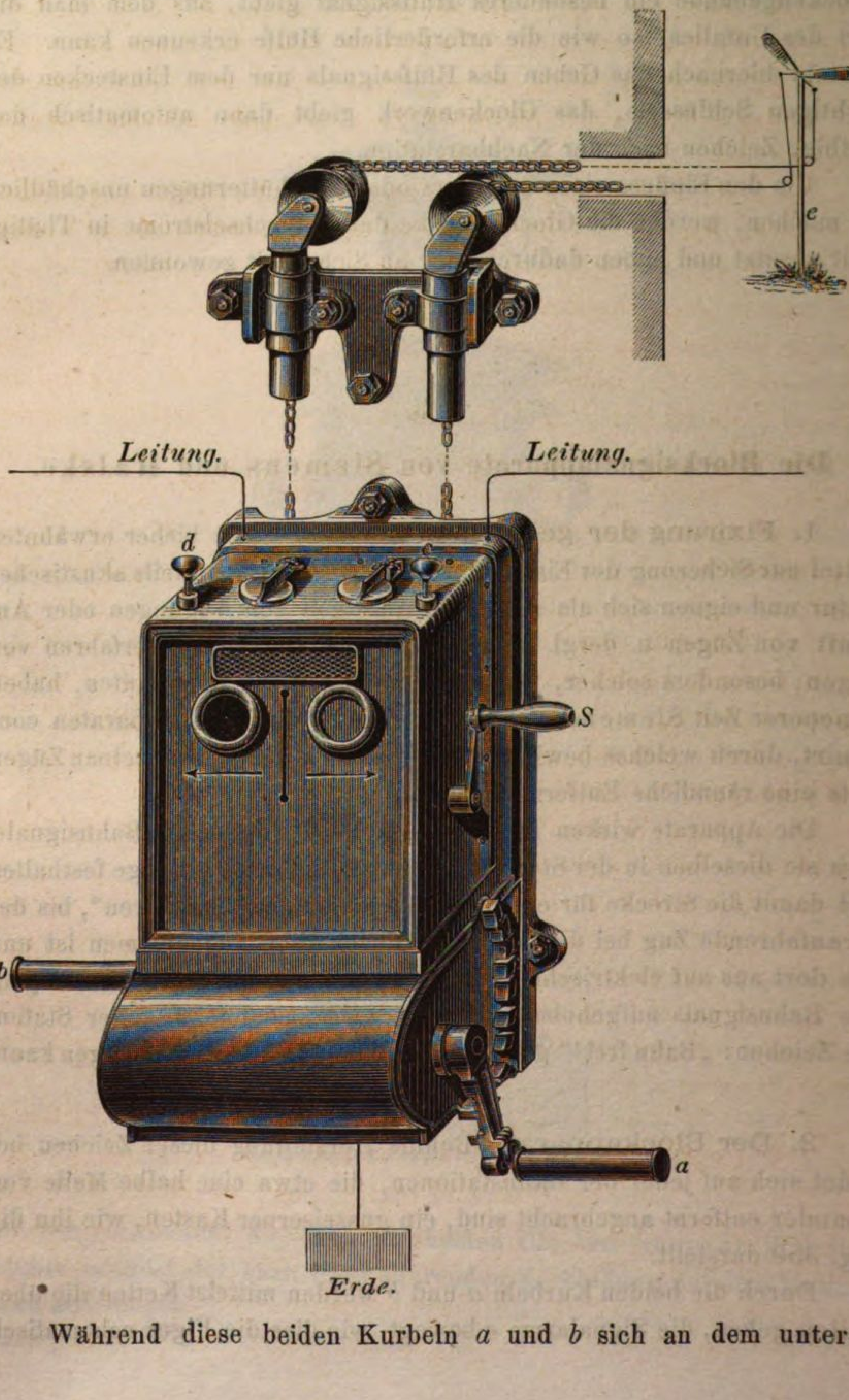
Die Apparate wirken in der Weise auf die optischen Bahnsignale, dass sie dieselben in der Stellung: „Bahn gesperrt!“ so lange festhalten und damit die Strecke für einen nachfolgenden Zug „blockiren“, bis der voranfahrende Zug bei der nächsten Blockstation angekommen ist und von dort aus auf elektrischem Wege die Sperrung des rückwärts liegenden Bahnsignals aufgehoben wird, so dass alsdann auf jener Station das Zeichen: „Bahn frei!“ gegeben werden und ein Zug nachfolgen kann.

2. Der Blockapparat. Behufs Herstellung dieser Zeichen befindet sich auf jeder der Bahnstationen, die etwa eine halbe Meile von einander entfernt angebracht sind, ein gusseiserner Kasten, wie ihn die Fig. 350 darstellt.

Durch die beiden Kurbeln *a* und *b* werden mittelst Ketten die über Rollen gehen, die Signalarme *e* bewegt, wie dies die Figur schematisch

darstellt. Die Stellung der Kurbel *a* in der Zeichnung giebt das Signal: „Bahn gesperrt!“, die der Kurbel *b*: „Bahn frei! —

Fig. 350.



Während diese beiden Kurbeln *a* und *b* sich an dem unteren

Theile des Blockkastens befinden, sind an dem oberen Theile zwei runde Löcher mit Glasscheiben neben einander, unter denen ein Pfeil sich befindet, der nach der Station hinzeigt, für welche das an dem Loch gegebene Zeichen gilt. Hinter jeder Glasscheibe lässt sich eine rothe und eine weisse Scheibe vorbeiführen. Zeigt eins der Fensterchen „Weiss", so heisst es, die Seite der Bahn, wohin der Pfeil zeigt, ist frei, wogegen die rothe Scheibe hinter demselben bedeutet: „Bahn gesperrt!" —

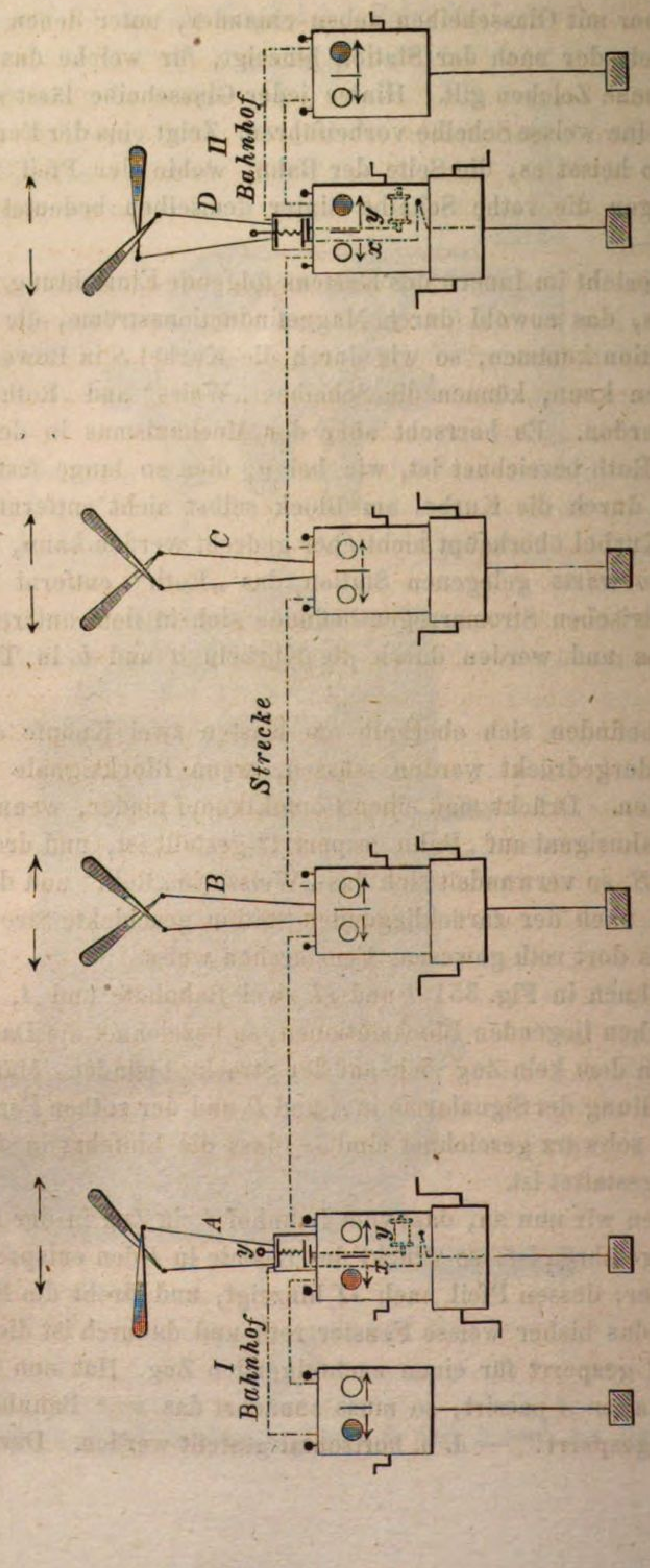
Nun besteht im Innern des Kastens folgende Einrichtung. Mittelst Räderwerks, das sowohl durch Magnetinductionsströme, die von der Nachbarstation kommen, so wie durch die Kurbel *S* in Bewegung gesetzt werden kann, können die Scheiben „Weiss" und „Roth" vorgeschoben werden. Es herrscht aber der Mechanismus in der Weise, dass wenn Roth bezeichnet ist, wie bei *a*, dies so lange festgehalten wird, also durch die Kurbel am Block selbst nicht entfernt werden kann, die Kurbel überhaupt nicht eher gedreht werden kann, bis nicht von der vorwärts gelegenen Station das „Roth" entfernt ist. Die magnetelektrischen Stromerreger befinden sich in dem unteren Theile des Kastens und werden durch die Kurbeln *a* und *b* in Thätigkeit gesetzt.

Nun befinden sich oberhalb am Kasten zwei Knöpfe *c* und *d*, welche niedergedrückt werden müssen, wenn Blocksignale gegeben werden sollen. Drückt man einen Contaktknopf nieder, wenn das betreffende Bahnsignal auf „Bahn gesperrt!" gestellt ist, und dreht dabei die Kurbel *S*, so verwandelt sich das „Weiss" in „Roth" und der durch das Drehen nach der zurückliegenden Station geschickte Strom macht zugleich das dort roth gewesene Fensterchen weiss.

Bezeichnen in Fig. 351 *I* und *II* zwei Bahnhöfe und *A*, *B*, *C*, *D* die dazwischen liegenden Blockstationen, so bezeichnet die Darstellung den Fall, in dem kein Zug sich auf der Strecke befindet. Man ersieht aus der Stellung der Signalarme in *A* und *D* und der rothen Fensterchen — die hier schwarz gezeichnet sind — dass die Einfahrt in die Bahnhöfe nicht gestattet ist.

Nehmen wir nun an, dass vom Bahnhof *I* ein Zug in der Richtung nach *II* abgefahren ist, so drückt der Beamte in *I* den entsprechenden Knopf nieder, dessen Pfeil nach *II* hinzeigt, und dreht die Kurbel *S*. Nun wird das bisher weisse Fenster roth und dadurch ist die Strecke von *I* bis *A* gesperrt für einen nachfolgenden Zug. Hat nun der Zug die Blockstation *A* passirt, so muss zunächst das ➛ Bahnhofssignal auf „Bahn gesperrt!" — d. h. horizontal gestellt werden. Darauf wird

Fig. 351.



das Blocksignal am ➛ Knopf (Drehen der Kurbel *S*) gegeben, in Folge dessen sich in *A* das Fensterchen rechts in roth, dagegen in Bahnhof *I* in weiss verwandelt, d. h. die Strecke von *I* bis *A* ist wieder frei, von *A* bis *B* aber ist nun blockirt, und das Signal: „Bahn gesperrt!“ kann selbst mit Gewalt nicht wieder aufgehoben werden, so lange nicht von *B* aus das Fensterchen in *A* in „Weiss“ verwandelt wird. Durch das Räderwerk wird nämlich in dem Kasten, beim Stellen der Scheiben, vor dem Stab, welcher durch den Knopf herabgedrückt wird, ein Bolzen vorgeschoben, der das Herabdrücken verhindert und somit auch nicht das Drehen der Kurbel *S* erlaubt, bis auf der folgenden Station durch Entfernen des Roth auch der Bolzen wieder entfernt wird.

Das Verwandeln des Fensterchens ➛ in *A* in Weiss geschieht also erst, wenn der Zug *B* passirt hat, und so fort in *C* und *D*. Die Signale sind somit gegenseitig in der Weise von einander abhängig, dass selbst absichtlich oder aus Nachlässigkeit kein falsches Signal: „Bahn frei!“ gegeben werden kann.

Kommt nun der Zug bei *D* an, und ist die Einfahrt des Zuges in den Bahnhof *II* noch nicht frei, so drückt *D* den Knopf *y* nieder, und dadurch ertönt unter Drehung von *S* in Bahnhof *II* ein Wecker, welcher anzeigt, dass ein Zug Einlass begehre. Steht dem nichts entgegen, so drückt Bahnhof *II* den ➛ Knopf, dreht Kurbel *S* und verwandelt so in *II* wie in *D* die ➛ Fensterchen in Weiss. Nachdem dann der Zug eingefahren ist, wird der frühere Zustand wieder hergestellt. In gleicher Weise wird bei Zügen in entgegengesetzter Richtung in umgekehrtem Sinne verfahren.

Dieses Blocksystem ist in neuester Zeit von Siemens und Halske noch in der Weise erweitert worden, dass durch Anbringung von zwei Weckern und zwei Contaktvorrichtungen auf jeder Blockstation besondere Glockensignale zwischen denselben gegeben werden können, wodurch das Herannahen von Zügen etc. angezeigt werden kann. Für alle diese Zwecke reicht ein Draht aus, nur zwischen den Bahnhofsdeckungs-Blockstationen *A* und *D* und den Bahnhöfen sind Doppeldrähte erforderlich.

3. Fixirung der Weichen etc. Wie mit Hülfe dieser Einrichtungen die Bahnsignale festgehalten werden, so haben Siemens und Halske auch Vorrichtungen hergestellt, welche in ähnlicher Weise Weichen, Drehbrücken u. dergl. festhalten. Sie haben dabei diese Arretirungen so mit den Bahnsignalen in Verbindung und durch gegenseitige Verkupplung in Abhängigkeit von einander gebracht, dass erst

dann die Bahnsignale: „Bahn frei!“ entstehen können, wenn Weichen, Drehbrücken etc. in genau richtiger Lage sich befinden, wogegen dieselbe arretirt sind und erst wieder frei gegeben werden können, wenn vorher die Bahnsignale auf: „Bahn gesperrt!“ gestellt sind.

Die weit verbreitete Anwendung, welche diese Einrichtungen gefunden haben, sind ein Beweis für das Vertrauen, welches man in ihre Zuverlässigkeit setzt.

§. 4.

Automatischer Telegraphenapparat.

1. Einrichtung von Bréguet. Bereits im Jahre 1847 construirte Bréguet[1]) eine Vorrichtung, welche ohne Zuthun eines Beamten den Gang der Eisenbahnzüge controllirte, indem diese Züge selbst auf Stromunterbrecher wirkten. In Entfernung von 20 zu 20 Meter stellte Bréguet an den Telegraphenstangen je zwei Metallplatten auf, welche parallel über einander standen ohne sich zu berühren, und deren Berührung durch den vorüberfahrenden Zug selbst bewirkt ward. Die eine dieser Metallplatten stand in Verbindung mit dem Erdboden, während die andere mit der Linienleitung verbunden war und so auf einen auf der Station aufgestellten Chronographen wirkte. Man sieht, dass jedes Mal ein Strom von der Lokalbatterie durch den Chronographen, die Leitung bis zur oberen Platte und von dieser in die untere und den Boden gehen muss, sobald der Zug beide Platten zur Berührung bringt. Es zeigt also der Chronograph mittelst dieser Einrichtung das Fortschreiten des Zuges von 60 zu 60 Fuss auf der Station an, ohne dass dazu die Hülfe des Menschen nothwendig wäre.

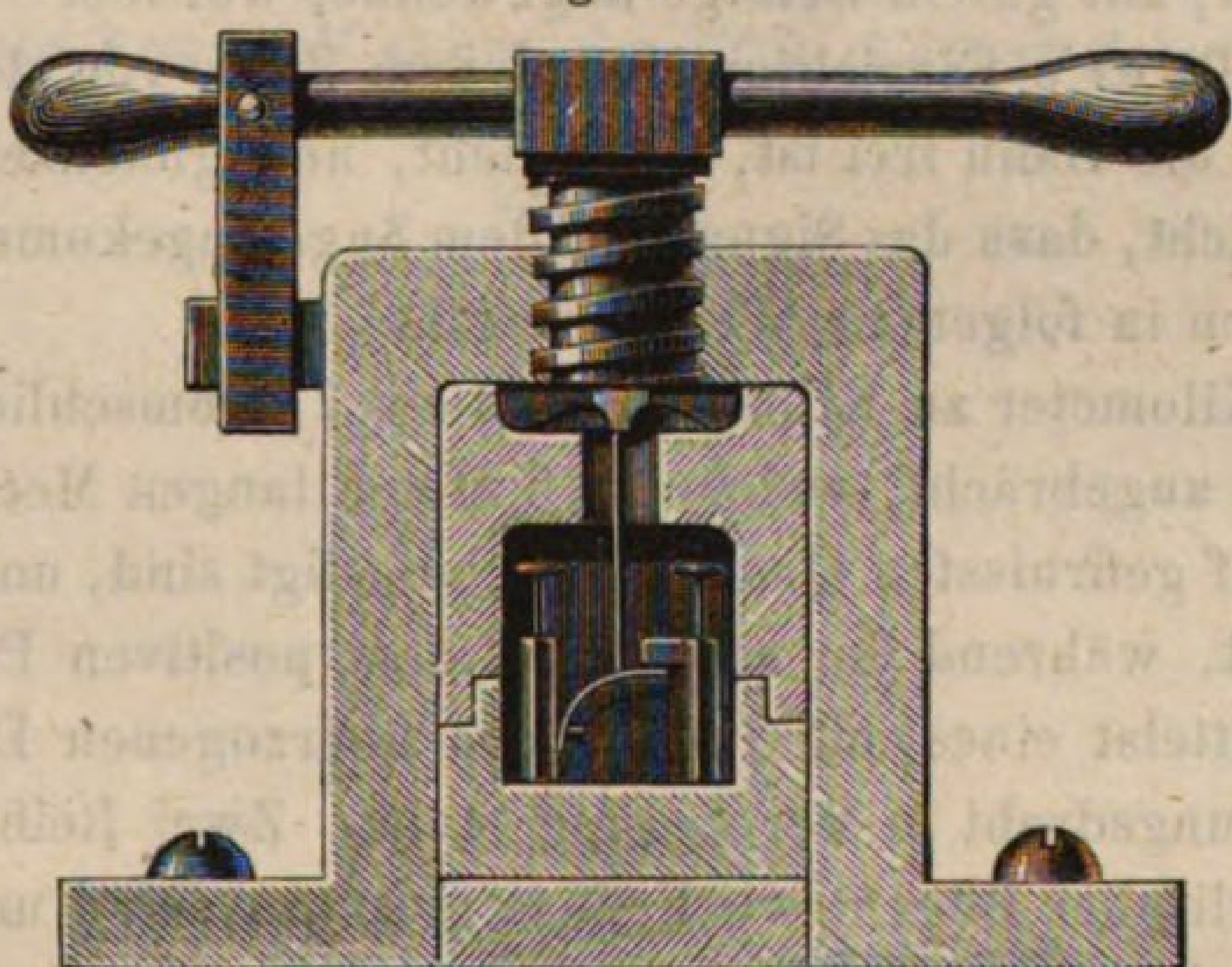
Diese Vorrichtung ist von Maigrot in der Weise abgeändert, dass auf jeder Station bei einer Zählscheibe zwei Nadeln angebracht sind, welche verschiedene Färbung haben und sich in entgegengesetzter Richtung drehen. Die eine zeigt einen sich nähernden, die andere einen sich entfernenden Zug an. Hierdurch wird es dem Zugführer möglich, sich auf jeder Station zu überzeugen, an welchem Punkte der ihm vorangegangene Zug sich befindet, wenn die Entfernung desselben geringer als die nächstfolgende Station ist. Diese Einrichtung hat aber den Uebelstand, dass, wenn zwei Züge sich gleichzeitig zwischen zwei

[1]) Du Moncel, Appl. de l'El.II, p. 181.

Stationen in derselben Richtung bewegen, die Nadel der Zählscheibe gleichzeitig durch beide Züge abgelenkt werden kann, wodurch Verwirrung entstehen muss.

2. Bellemare trifft folgende Einrichtung, um den Lauf der Züge zu regeln. Er bedient sich zweier Leitungsdrähte, [1]) einen für ein jedes Geleise, und wendet einen immer geschlossenen Strom an, der von 100 zu 100 Meter durch den Zug selbst unterbrochen wird. Zu diesem Zweck geht der Leitungsdraht zu einem Unterbrecher von der Form wie die Fig. 352 zeigt. Er besteht in einem Metall-Gefäss, dass

Fig. 352.



ein Porzellangefäss umgiebt, in welchem die beiden Leitungsdrähte mittelst Klemmschrauben befestigt sind, Diese stehen, wie die Figur zeigt, durch eine Feder mit einander in leitender Verbindung. Auf diese Feder reicht ein Stift eines in einer Schraubenmutter sich bewegenden Balanciers herab. Wird nun dieser Balancier durch irgend welche Kraft, wie z. B. die Puffer des vorbeifahrenden Zuges, nach der Seite bewegt, so drückt er die Feder herab und löst so die leitende Verbindung des Stromkreises. Sobald aber der Druck aufhört, wird der Balancier von einer zweiten oben angebrachten Feder wieder in die Höhe und in seine erste Lage zurück geführt, wodurch dann der Strom wieder geschlossen ist.

Man sieht ein, dass diese Einrichtung auch zum Signalisiren von Nothzeichen nach der Station hin auf bequeme und sichere Weise benutzt werden kann.

[1]) Gloesener, App. de l'Electr. I, p. 303.

3. System von Tyer de Dalton.[1]) Die bisher besprochenen Einrichtungen waren zu dem Zwecke getroffen, die Stationen ohne menschliche Hülfe von der Bewegung der Züge in Kenntniss zu setzen und in dieser Weise Gefahren abzuwenden. Tyer war der Erste, welcher im Jahre 1851 ein System anwandte, in Folge dessen eine telegraphische Verbindung zwischen den Stationen und dem in Bewegung befindlichen Zuge hergestellt ward, so dass sowohl dem fahrenden Zuge von den Stationen aus Nachrichten ertheilt werden können, als auch dieser solche zu geben im Stande ist. Diese Einrichtung ist auf der Bahn von London nach Dower, auf der täglich 360 Züge dieselbe Stelle passiren, mit gutem Erfolge angewendet worden.

Mittelst Tyer's Einrichtung wird dem Zuge von der Station aus angezeigt, ob die Bahn frei ist, oder nicht, und gleichzeitig erhält die Station Nachricht, dass das Signal auf dem Zuge angekommen ist. Diese Zwecke werden in folgender Weise erreicht.

1. Von Kilometer zu Kilometer sind zwei Stromschliesser auf dem Schienenwege angebracht, welche in 6 Meter langen Metallstreifen bestehen, die auf gefirnissten Querhölzern befestigt sind, und deren einer zur Erde führt, während der andere mit dem positiven Pole der Säule der Station mittelst eines mit Guttapercha überzogenen Drahtes durch den Linienleitungsdraht in Verbindung steht. Zwei Reiber (Frotteurs) in Form metallischer Bögen, wie Federn gespannt, sind unter der Locomotive so angebracht, dass sie unfehlbar die Stromschliesser berühren, wenn der Zug über denselben hingeht.

2. Zwischen den beiden Reibern befindet sich der Apparat für die Zeichen, ob die Bahn frei, oder besetzt ist, was durch rothe und weisse Scheiben angezeigt wird. Er besteht aus zwei Elektromagneten, deren Drähte mit einem ihrer Enden verbunden sind, und aus zwei magnetisirten Ankern. Der eine derselben ist auf einer horizontalen Axe senkrecht eingestellt. Sein oberer Pol befindet sich zwischen den beiden Polen des einen Elektromagneten, und sein unterer Pol trägt einen leichten Stab, an dessen Enden die Scheiben von rothem und weissem Glase befestigt sind, welche sich abwechselnd bei der Neigung zur einen und anderen Seite dem Locomotivführer zeigen. Der andere Elektromagnet hat den Zweck, eine Glocke oder Pfeife ertönen zu lassen.

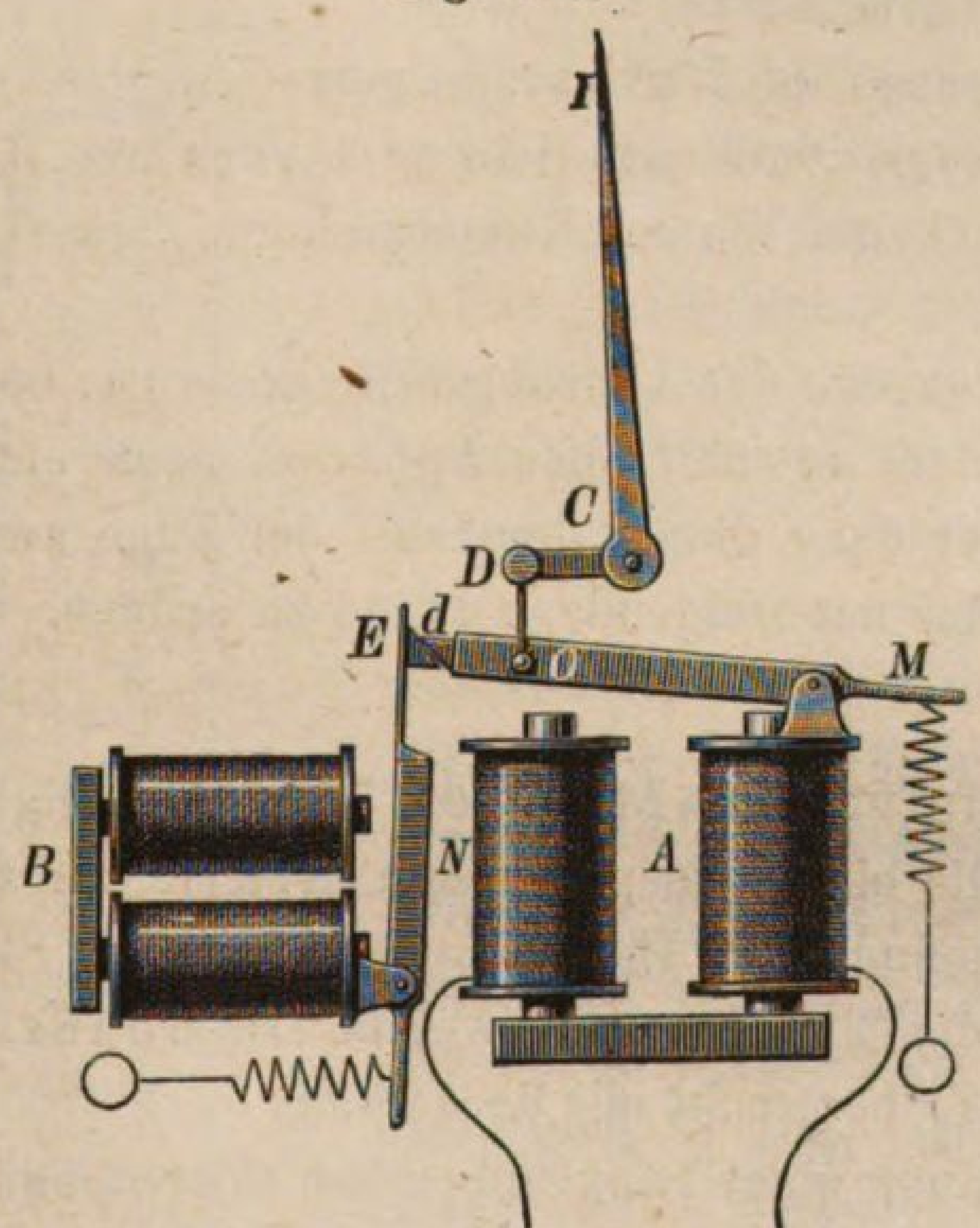
3. Der Apparat zum Empfangen der Nachricht von der Station besteht im Wesentlichen aus einem Elektromagneten und einem Anker mit Abreissfeder, der mit einem Zeiger versehen ist, welcher sich vor einem

[1]) Du Moncel, App. de l'El. II. p. 164; Gloesener, App. de l'El. I, p. 306.

vertikalen Blatte bewegt, auf dem die beiden Abtheilungen sind: die Bahn ist frei, und die Bahn ist besetzt. Auch bei dieser Vorrichtung befindet sich ein zweiter Elektromagnet in demselben Kreise wie der erste, welcher eine Glocke in Bewegung setzt.

4. Um die von und nach der Station gesandten Zeichen dauernd zu machen, bringt Tyer zwei Elektromagnete in der Nähe des Apparates auf der Station und zwei andere bei dem Apparate des Zuges an, und versieht die Anker derselben mit einem Stabe, an dem ein Sperrhaken befestigt ist, so dass der eine Anker in der Stellung bleibt, nach welcher er hingezogen worden. Die Fig. 353 stellt den Zeichenempfänger der Station dar. Der Elektromagnet *A* zieht beim Schluss des Stromes den Anker *M O* an, der Stift *d* stösst den Sperrhaken *E*

Fig. 353.



des anderen Ankers *N* zurück, senkt sich, wird dann von dem Anker *N* gehalten, und kann sich auch nicht wieder erheben, wenn der Strom unterbrochen wird. Dasselbe geschieht an dem Apparat auf dem Zuge. Die gegen die Glocke geführte Nadel *C I* bleibt in der gegebenen Lage. Kommt nun aber der Zug auf der Station an, so berühren die Reiber zwei Unterbrecher, deren einer mit der Leitung des Elektromagneten *B* und der Säule der Station und mit dem Draht des Magneten *(B')* des Zuges in Verbindung ist. Dieser Draht führt dann zum zweiten Reiber und von da zur Erde. In dem Augenblick der Berührung

werden die Anker *N N* und *N' N'* der Magnete *B* und *B'* angezogen, und nun folgen die Anker der Magnete *A* und *A'* ihren Rückschlagsfedern und erheben sich.

5. Zu diesen Einrichtungen kommt die Vorschrift des Reglements, dass der Locomotivführer nie über eine Signalstation hinausfahren darf, wenn er nicht die Nachricht erhalten hat, dass von dem vorhergehenden Zuge die nächste Signalstation bereits überschritten, d. h. die Linie frei ist.

Dreht nun also der Beamte auf der Station den Commutator so, dass auf dem Zuge die rothe Scheibe erscheint, so kehrt nach der Station das Zeichen mittelst der Nadel des Zeichenempfängers zurück, dass die Bahn nicht frei ist; es ist also der Zugführer benachrichtigt, dass Gefahr ist, und auf der Station weiss man, dass der Zuführer davon in Kenntniss gesetzt ist.

Tyer hat auch die Einrichtung getroffen, dass mittelst der Unterbrecher die Locomotive nicht allein nach vorwärts, sondern auch nach rückwärts signalisirt, um zu benachrichtgen, dass der folgende Zug abgehen könne.

Auf Punkten, wo der Andrang sehr gross ist, befindet sich auf der Station ausser dem gewöhnlichen Apparate noch ein anderer mit vier Nadeln, welcher dazu dient, den Lauf der Züge zwischen der vorhergehenden und der nachfolgenden Station zu ordnen.

4. System von Du Moncel. [1]) Vollständiger, aber auch complicirter, als alle bisher besprochenen Systeme zur Correspondenz der in Bewegung befindlichen Eisenbahnzüge mit den Stationen und unter einander, sind die Einrichtungen, welche Du Moncel zu diesem Zwecke getroffen hat. Er bezweckt mit denselben:

1. Herstellung einer telegraphischen Correspondenz zwischen den Stationen und den Zügen in Bewegung, welche Hindernissen auf dem Wege zuvorkommt, Befehle ertheilt, wenn es nöthig ist, und den Zügen die Mittel bietet, von den Stationen Hülfe zu fordern.

2. Einrichtung von Zeichen als Antwort auf die erhaltenen Nachrichten, um den, der die Nachricht sendet, von dem Empfang derselben in Kenntniss zu setzen und zu versichern, das Alles in Ordnung ist.

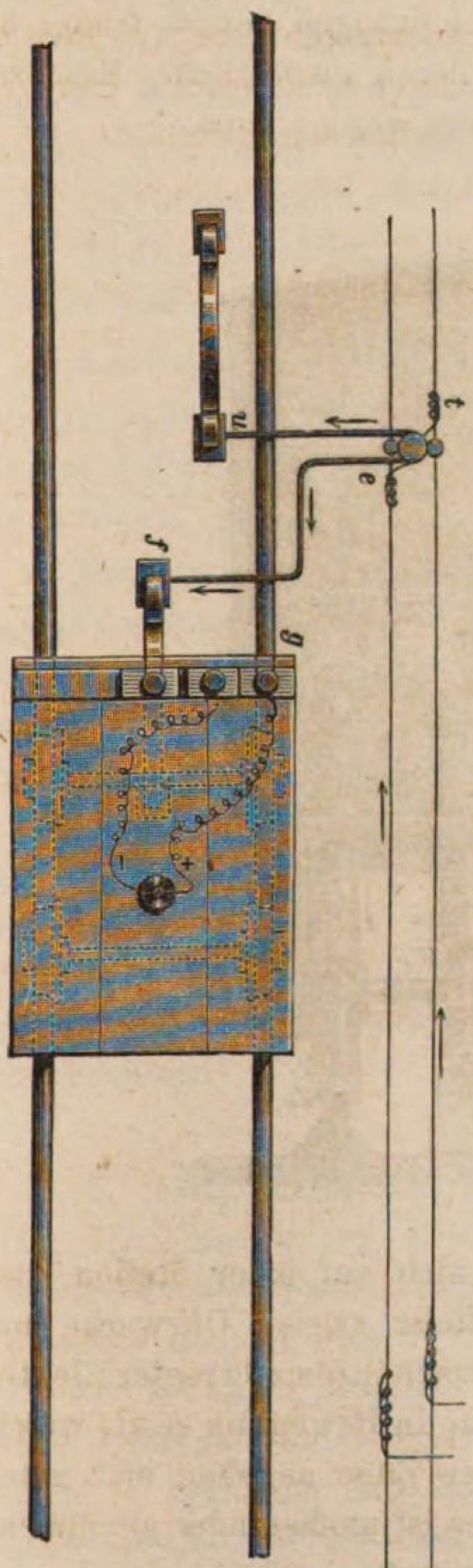
3. Verzeichnung der verschiedenen vom Zuge durchlaufenen Kilometer auf jeder Station mittelst elektro-chronometrischer Anzeiger.

[1]) App. de l'El. II, p. 185.

4. Den Gefahren zuvorzukommen, welche aus der zu grossen Annäherung zweier einander folgender Züge hervorgehen.

5. Den Vorsteher der Bahn zu gleicher Zeit von einer zu grossen Annäherung zweier Züge in Kenntniss zu setzen.

Fig. 354.



Alle diese Zwecke erreicht Du Moncel durch Einrichtungen, welche ihrem Wesen nach von den bisher besprochenen sich dadurch unterscheiden, dass zu ihnen noch ein tragbarer Telegraph auf dem Zuge hinzukommt.

Wie Tyer, hat Du Moncel von Kilometer zu Kilometer zwei Unterbrecher zwischen den Schienen von etwa 6 Fuss Länge, die zu einander und zu den Schienen eine Lage haben, wie die Fig. 354 zeigt, und die in der angezeigten Weise mit dem gewöhnlichen Liniendrahte und mit dem zweiten für diesen Zweck besonders gespannten Drahte verbunden sind, so dass der eine Unterbrecher mit dem einen der Leitungsdrähte, der andere mit dem anderen an der Telegraphenstange in Verbindung gebracht ist. Auf diese Weise kann man drei Kreisströme erhalten. Einen mit jedem der Drähte, abgeleitet zur Erde, und einen durch die Verbindung beider Drähte, so dass der Strom in dem einen Draht bis zum Zuge und von diesem in dem anderen nach der Station zurückführt.

Man wird einsehen, dass, um diese drei Stromverbindungen herzustellen, drei Verbindungen des Tenders der Locomotive, auf welchem die Apparate stehen, mit festen Punkten ausserhalb nöthig sind. Du Moncel stellt diese Verbindungen durch drei Stempel her, etwa wie sie *X*, *Y*, *Z* der Fig. 355 zeigen. *X* und *Y* leiten mittelst der Unterbrecher die Ströme von den beiden Leitungsdrähten zu den

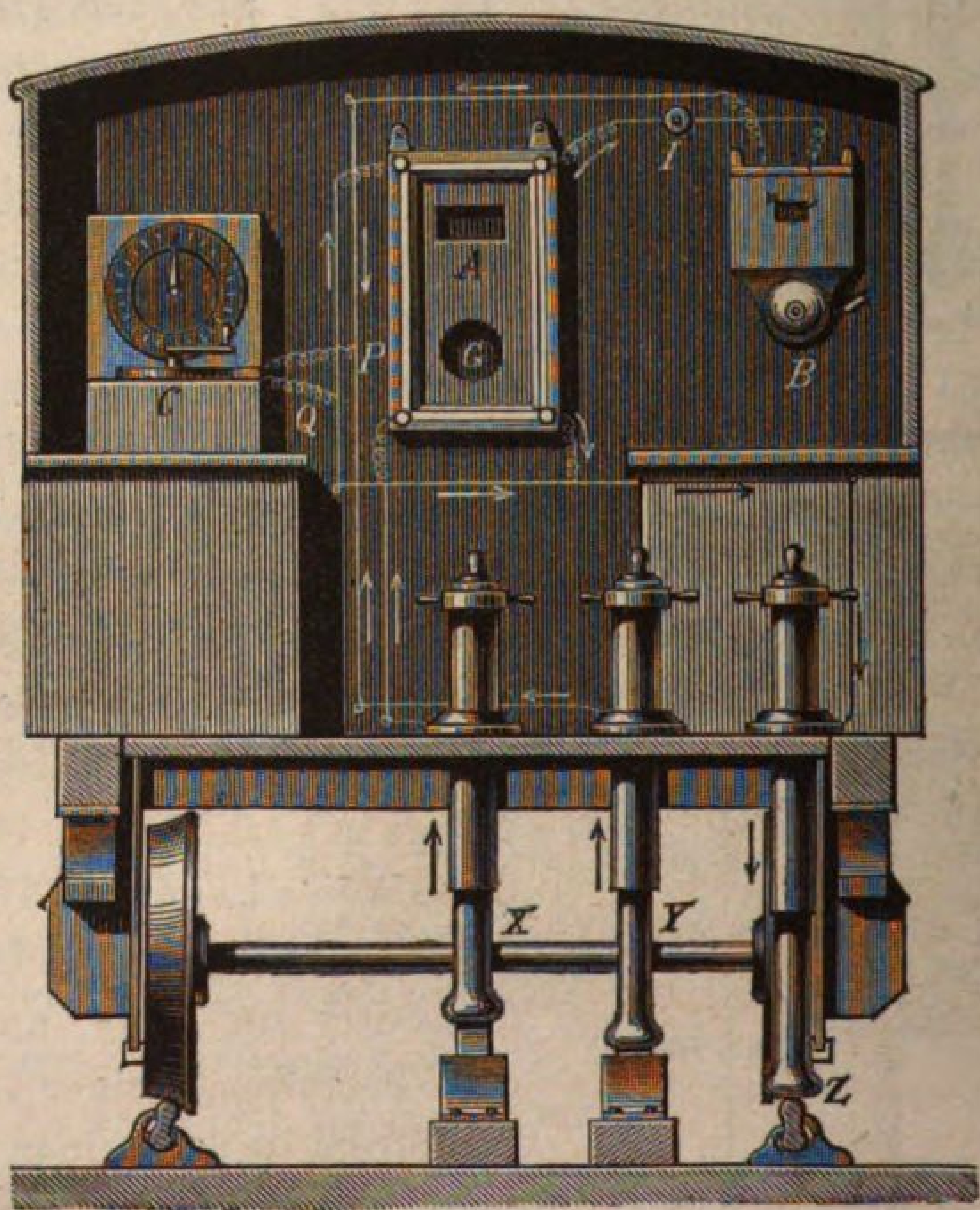
Apparaten auf dem Zuge, während *Z* beständig mit den Schienen des Geleises in Verbindung ist und also die Ströme zur Erde ableitet.

Der Apparat des Tenders besteht aus:

1. dem Zeichenapparat *A*,
2. dem Läutewerk *B*,
3. dem tragbaren Telegraphen *C*,

Einrichtungen, welche mit geringen Abänderungen bereits früher beschriebenen der Art ähnlich sind, und zu deren ausführlicher Beschreibung auf das Werk des Erfinders verwiesen werden muss.

Fig. 355.



Ausser diesen Apparaten befinden sich auf jeder Station zwei Controllirapparate, deren jeder mittelst zweier Uhrwerke und zweier, durch die von dem Zuge geschlossenen Ströme erregter Elektromagnete zwei Zeiger über einem Zifferblatte in Bewegung setzt, welche die Zeichen zweier auf einander folgender Züge angeben und unterscheiden. Die Einrichtung dieses Apparates ist umfassender als die entsprechenden bei den bisher genannten Apparaten.

Das Zifferblatt ist in soviel Abtheilungen getheilt, als die beiden Stationen Kilometer von einander entfernt sind. Die Zeiger des Con-

trollirapparates werden durch die beiden Reiber *Y* und *Z* in Bewegung gesetzt, welche den Strom der Batterie des Zuges einerseits nach der Station, andererseits zur Erde senden. Nun sind die Elektromagnete des Controllirapparates so eingerichtet, dass sie den einen der Zeiger bewegen, wenn ein positiver, und den anderen, wenn ein negativer Strom sie umkreist. — Hierdurch wird es möglich, durch Verbinden des Kupfer- und Zinkpoles mit dem Reiber *Y*, den einen oder den anderen der Zeiger in Gang zu bringen. Ist nun die Einrichtung getroffen, dass immer die Züge einer geraden Anzahl den einen Pol ihrer tragbaren Säule mit dem Reiber *Y* verbinden, und die Züge von ungerader den anderen Pol, so wird der eine Zug den einen, und der andere den anderen Zeiger in Bewegung setzen.

Automatischer Anzeiger. In dem Falle, wo die zwei einander folgenden Züge sich zu sehr nähern, wird nun durch die beiden Zeiger des Controllapparates ein Mittel geboten, den Zügen die Gefahr anzuzeigen.

Nehmen wir an, dass zwei Kilometer die kürzeste Entfernung wäre, bis auf welche sich zwei Züge nähern dürften, so wird an den beiden Zeigern eine Vorrichtung mittelst einer Feder und eines Knopfs getroffen, dass diese beiden bisher isolirt gewesenen Zeiger mit einander in leitende Verbindung kommen, wenn sie noch um zwei Theilstriche von einander entfernt sind. Diese Verbindung schliesst alsdann den Strom der Batterie auf der Station in der Weise, dass der Commutator des Zeichengebers gedreht wird, und dieser das Lärmsignal auf dem Zuge giebt. Auf diese Weise wird es möglich, dass sich die Züge gegenseitig von der ihnen drohenden Gefahr ohne Hülfe eines Beamten unterrichten.

5. Automatisches System von Fernandez de Castro.[1]

Der Hauptzweck bei allen diesen Einrichtungen bleibt der, einen Zusammenstoss zweier Züge zu verhindern. Zur Erreichung dieses Zweckes bedient sich de Castro folgender Mittel. Er sendet nicht, wie Du Moncel, Zeichen von den Zügen nach den Stationen, wodurch diese mittelbar unter einander in Verbindung gebracht werden, sondern er verbindet die Züge unmittelbar mit einander, welche sich auf demselben Schienengeleise befinden. Hierzu dienen ihm folgende Apparate:

[1] Du Moncel, App. de l'El. II, p. 198; Glaesener, App. de l'El. I. p. 320.

1. Eine Säule und ein Lärmapparat,
2. Ein Stromwender,
3. Ein Verbinder (Reiber),
4. Ein allgemeiner Leiter.

2. Dieser allgemeine Leiter ist der Theil, durch den sich de Castro's System von allen anderen unterscheidet. Derselbe besteht aus einer doppelten Reihe neben einander, parallel mit den Schienen hinlaufender Drahtstücke, welche von einander isolirt sind, so dass dieser neben der ganzen Bahn hin sich erstreckende Leiter das Ansehen der Fig. 356 hat. Denken wir, dass der an dem Tender des Zuges isolirt

Fig. 356.



befestigte Verbinder auf den in gewissen Entfernungen unterbrochenen Leitungsdrähten hinstreift, so kann, wenn der eine Pol der Säule nach diesem Verbinder, und der andere zur Erde geleitet ist, nicht eher ein Strom entstehen, als bis der Verbinder des anderen, nachfolgenden, oder entgegenkommenden Zuges ebenfalls denselben, nicht mehr unterbrochenen, Theil des Leiters berührt. Wird nun ein solches Stück z. B. *a b* oder *b c* etc. von einer Länge genommen, die durch die Formel

$$L = 2\,(2\,v + a)$$

ausgedrückt ist, in der *v* die Strecke bedeutet, welche der Zug noch läuft, wenn die Locomotive nicht mehr thätig ist, und *a* der Zwischenraum, den die Ingenieure zwischen zwei einander gegenüberstehenden Zügen für nöthig halten, um einem Unheil vorzubeugen; so genügt die halbe Länge dieses Stücks als Entfernung, auf welcher das Lärmzeichen gegeben wird, um jeden Zusammenstoss zweier auf derselben Bahn gehenden Züge zu verhindern.

3. Bei dieser Einrichtung des allgemeinen Leiters ist die oben genannte Länge *L* das Maximum der Entfernung, auf welche ein Zeichen entstehen kann. Soll aber kein Unglück entstehen, so muss, und dies ist wichtiger als der erste Punkt, die halbe Strecke von *L* das Minimum sein, auf welcher das Lärmzeichen entsteht. Damit dies aber der Fall ist, hat der allgemeine Leiter die vorn beschriebene Einrichtung, dass zwei in der genannten Entfernung unterbrochene Drähte nebeneinander hinlaufen. Um sich von der Nothwendigkeit dieser Form des Leiters zu überzeugen, braucht man sich nur vorzustellen, was entstehen könnte,

wenn nur eine solche unterbrochene Leitung vorhanden wäre. Wir müssen hier gesondert die beiden Fälle betrachten, ob die beiden Züge einander folgen, oder ob sie sich gegen einander bewegen. Man wird erkennen, dass in der obigen Formel auch der letztere, der gefährlichere Fall berücksichtigt ist.

Denken wir uns nun nur eine unterbrochene Leitung, so würde allerdings auf den Tendern beider Züge auch dann nicht früher ein Zeichen entstehen, als in dem Falle, wo zwei Drähte nebeneinander gehen; allein das Zeichen könnte auch viel später entstehen. Denken wir uns nämlich zwei Züge *A* und *B* einander folgend und den nachfolgenden *B* sich z. B. mit doppelter Geschwindigkeit bewegend, als den vorangehenden *A*, denken wir ferner, dass der Verbinder des Zuges *A* gerade in dem Punkte *b* der Fig. 356 den Leiter verliesse, wenn der nachfolgende Zug *B* mit seinem Verbinder am anderen Ende mit demselben Leiter in Berührung kämen; so würde nun noch keine Schliessung des Stromes eintreten. Da sich nun der Zug *B* mit doppelt so grosser Geschwindigkeit bewegt, wie *A*, so würde *A* die erste Mitte des Leitertheiles *b c* streifend erreicht haben, wenn *B* bei *b* ankäme und nun eine Stromschliessung bewirkte; es wäre also dann die Strecke gerade noch lang genug, um einen Zusammenstoss zu verhindern, bei grösserer Geschwindigkeit des Zuges *B* würde sie aber zu kurz sein. Ganz dicht aber könnten die Züge an einander gerathen, wenn bei einer einfachen Leitung der angegebenen Art sich dieselben gegen einander bewegten. Man wird sehen, dass für diesen Fall, wenn sie sich z. B. mit gleicher Geschwindigkeit bewegten, und zufällig *B* bei *a* wäre, wenn *A* bei *c* ankäme, sie bei *b* dicht an einander kommen müssten; ohne dass vorher leitende Verbindung und also ein Zeichen entstände.

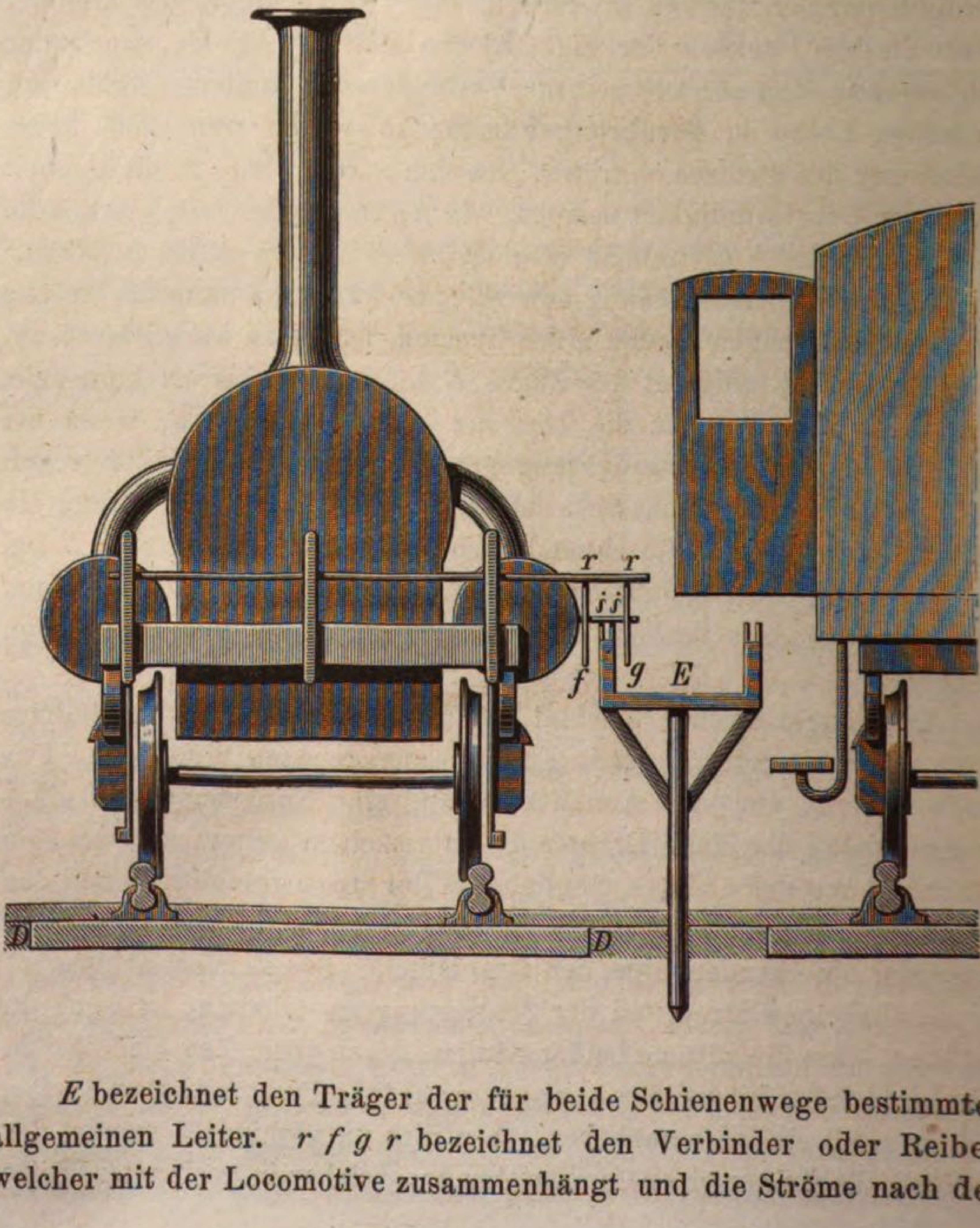
Aus diesem Grunde leuchtet die Nothwendigkeit zweier isolirter Leiter neben einander in der in Fig. 356 angegebenen Weise ein. Für diesen Fall ist nur eine Annäherung auf eine Entfernung von einer Unterbrechung des einen Drahtes des allgemeinen Leiters zur nächsten Unterbrechung des anderen möglich, bis der Strom geschlossen und das Lärmzeichen gegeben wird, d. h. die Züge können sich nur zur halben Länge der aufeinander folgenden Drahtstücke ohne Zeichen nähern.

4. Um einen Strom bei der Schliessung zu erhalten, ist noch zu beachten, dass die Ströme beider Säulen, deren jeder Zug eine besitzt, nicht bei gleicher Intensität entgegengesetzte Richtung haben dürfen, weil sie sonst einander aufheben. Um dies zu verhindern wendet der spanische Techniker einen Commutator an, welcher in geeigneter Weise

mittelst einer der Locomotivenaxen hergestellt, und durch den bewirkt wird, dass die Ströme beider Säulen in gleichem Sinne wirken und sich also gegenseitig verstärken. Sind also die Apparate einmal richtig mit der Säule verbunden, so bedarf es auch hier weiter keiner Aufmerksamkeit der Beamten, um den nöthigen Erfolg zu erzielen.

Man wird zugeben, dass zur Erreichung des angegebenen Zweckes das System de Castro's das einfachste und sicherste unter allen bisher besprochenen ist. Die Form, welche dieser Ingenieur der Einrichtung an den Eisenbahnzügen gegeben hat, erhellt aus der Fig. 357.

Fig. 357.



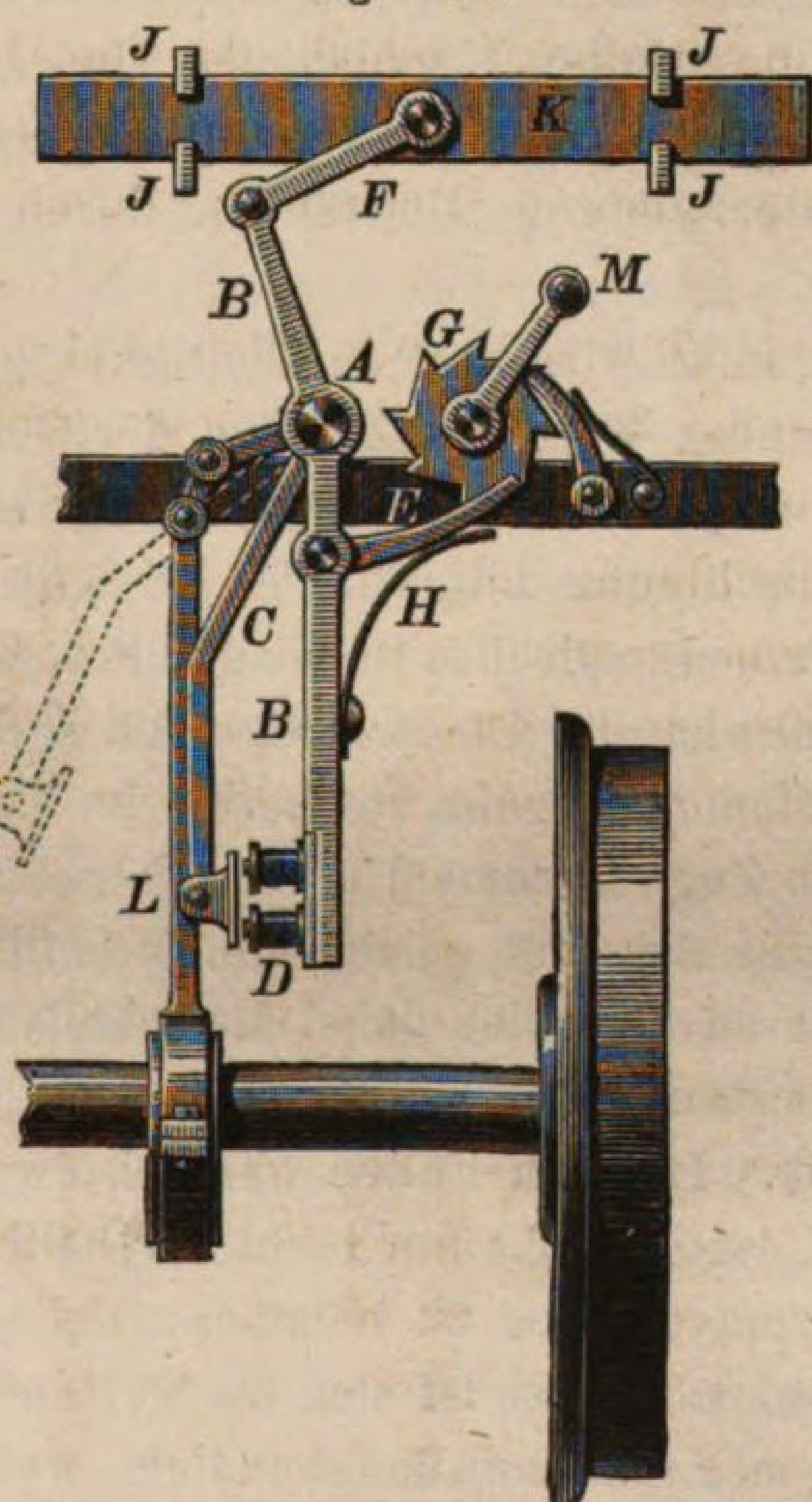
E bezeichnet den Träger der für beide Schienenwege bestimmten allgemeinen Leiter. *r f g r* bezeichnet den Verbinder oder Reiber, welcher mit der Locomotive zusammenhängt und die Ströme nach den

beiden Leitungsdrähten *i*, *i* führt, die in Folge der gezeichneten Vorrichtung etwa drei Fuss über dem Erdboden erhaben hinlaufen.

6. Der elektromagnetische Zaum (Bremsvorrichtung von Achard.[1]) An die hier angegebenen Darlegungen für die elektromagnetischen Telegraphenapparate zur Sicherheit für Eisenbahnzüge schliesst sich noch eine Vorrichtung von Achard, mittelst der durch einen Elektromagneten der Zug gehemmt wird.

Die Einrichtung ist folgende. Um den Hemmschuh anzuziehen wendet Achard die Bewegung einer Wagenaxe an, und lässt dadurch auf ein Sperrrad wirken. Die Fig. 358 stellt die Vorrichtung dar. Auf

Fig. 358.



der Welle *M* der gewöhnlichen Hemmvorrichtung ist ein Sperrrad *G* angebracht, auf dessen Zähne ein Sperrhaken *E* in der Weise wirkt, dass er, wenn der gegliederte Arm *B B* ihn durch Oscillation in Bewegung bringt, das Rad in Umdrehung versetzt. Die Bewegung

[1]) Du Moncel, App. de l'El. II, p. 211.

des Armes *B* wird durch das an der Axe des Wagens angebrachte Exentricum bewirkt, wie dies aus der Figur klar werden wird. Die durch das Excentrium hervorgerufene permanente Bewegung überträgt sich nämlich auf eine Axe *A*, welche den noch ausser *B* an ihr angebrachten schrägen Arm *C* dadurch hin und her bewegt. Dieser Arm trägt an seinem äusseren Ende einen Anker *L*, der bei jeder Oscillation gegen die Pole eines Elektromagneten *D* trifft, der mit dem Arme *B* fest verbunden ist.

Man sieht aus der Figur, dass die eben beschriebene Bewegung sich ungehindert fortsetzt, wenn der Anker *L* nicht von dem Elektromagneten gehalten wird. Hält nun aber der Elektromagnet, durch einen Strom erregt, den Anker *L* fest, so wird bei der Fortsetzung der durch das Excentrium bewirkten Oscillation des Ankers *L* der Arm *B* mit seitwärts gezogen, und der Haken *E* schiebt das Sperrrad *G* von Zahn zu Zahn herum. Es wird also in dieser Weise allmälig die Hemmung bewirkt, wie sie unter anderen Umständen durch Menschenhand zu Stande kommt.

Der Elektromagnet *D* wird aber in Thätigkeit gesetzt, sobald von dem entgegenkommenden Zuge das Zeichen der Gefahr auf dem anzuhaltenden Zuge ankommt. Nachdem nämlich der ankommende Strom den Alarmapparat durchlaufen hat, wird er bei Achard's Vorrichtung noch durch ein elektromagnetisches Relais geleitet, welches einen Strom schliesst, der die Spiralen des Elektromagneten *D* durchströmen muss. Es beginnt also die Hemmung ganz von selbst im Augenblicke, wo ein Lärmzeichen auf dem Zuge ankommt.

Niemand wird die äusserst geistreiche Idee dieser Einrichtung in Abrede stellen, allein es stellt sich dabei die Schwierigkeit heraus, dass nicht unter allen Umständen, wenn Gefahr droht, ein Hemmen des Zuges vortheilhaft ist. In allen Fällen nämlich, wo ein Zug dem benachrichtigten folgt, ist es nicht nur nicht vortheilhaft, sondern sogar nachtheilig, den vorangehenden zu hemmen, weil ja dadurch ein Zusammenstoss befördert wird. Es ist also die Verbindung für die selbstthätige Hemmung immer nur dann herzustellen, wenn man nicht einen nachfolgenden, sondern nur einen vorangehenden oder entgegenkommenden Zug zu fürchten hat. Freilich sind dies die am meisten vorkommenden Fälle.

Von den hier besprochenen Systemen sind nur wenige bis jetzt in Gebrauch, was zum Theil seinen Grund in der Kostspieligkeit der Anlagen, zum Theil aber auch in dem Zweifel an der praktischen Brauchbarkeit derselben seinen Grund hat. Bedenkt man z. B., dass

die so schön ersonnene Einrichtung de Castro's für den gewöhnlich vorkommenden Fall, dass zwei Schienenwege vorhanden sind, eine vierfache Leitung erfordert, die noch überdies sehr stark sein muss, wenn sie durch die auf ihr schnell hinstreifenden Verbinder nicht bald abgenutzt sein soll; bedenkt man ferner, dass bei mehreren dieser Systeme eine Verbindung der Säule des fahrenden Zuges mit dem Erdboden durch stetige Berührnng eines Leiters mit den Schienen vorhanden sein soll, und dass manche Einrichtung der Art ist, dass jede momentane Unterbrechung dieser Leitung auf der Station als ein Zeichen angesehen wird; so muss man zugeben, dass weder die Besorgnisse wegen zu grosser Kosten, noch wegen genügender Anwendbarkeit ganz unbegründet sind.

So ist es z. B. durchaus unsicher, dass die Reiber jedes Mal die neben den Schienen angebrachten Leiter besonders bei ungünstigem Wetter, bei starkem Schnee oder Glatteis u. dergl. berühren. Freilich wird mit Grund gegen diese Bedenken gesagt, dass eben durch den Gebrauch erst das Ueberflüssige und Unpraktische beseitigt und das den Verhältnissen Anpassende gefunden werden kann, dass also die blosse Einführung einer Einrichtung dieselbe schon verbessere.

Ausser den hier genannten Einrichtungen, welche die am meisten von einander abweichenden sind, müssen auch noch die Systeme von Cook, Gay, Mauss, Guyard und Magnat genannt werden, deren Du Moncel in seinem Werke umständlicher erwähnt.

7. Elektrischer Controllapparat für Eisenbahnen von Hipp. An die bisher aufgeführten Vorrichtungen schliesst sich noch die Einrichtung, welche Hipp auf der Bahnlinie Basel-Olten getroffen hat, um einerseits die Locomotivführer zu controlliren, ob, wo und wann sie auf dieser Linie zu schnell oder zu langsam gefahren sind und ferner um anzuzeigen, auf welcher Stelle der Bahn sich ein Zug befindet und aus wie vielen Axen er besteht.[1])

Zu diesem Zwecke ist an den Schienen entlang auf je 1000^m Entfernung ein Drücker nach Art des Morsetasters angebracht. Alle diese Drücker sind mit einer Drahtleitung verbunden, die an ihren Enden auf der Hauptstation einen Schreibapparat hat. Der Schreibstift desselben macht auf einer langsam sich drehenden und gleichzeitig sich seitwärts bewegenden Papierrolle, welche eingetheilt ist, eine Reihe von Punkten, wenn der Zug über einen der Drücker fährt und diesen niederdrückt.

[1]) Polyt. Cant. Bl. XXXIII, p. 608.

Die Anzahl der Punkte einer solchen Reihe lässt genau die Zahl der Axen erkennen, aus denen der Zug besteht. Nach der Zeit, in welcher diese Zeichen gemacht werden, und aus der Grösse der Zwischenräume zwischen zwei Reihen lässt sich leicht bestimmen, wo der Zug sich zu einer bestimmten Zeit befunden hat und wie lange er von einem Drücker zum andern gefahren ist.

Obgleich diese Einrichtung nicht direkt die Sicherheit der Eisenbahnzüge vergrössert, so fördert sie doch zweifellos indirekt dieselbe, indem sie die Zugführer controllirt. Sie hat um so grössere Berechtigung hier angeführt zu werden, weil sie nicht nur ein Vorschlag, sondern wirklich in Anwendung ist.

IX. Abschnitt.

Die Anwendung des Elektromagnetismus bei der Zeitmessung.

§. 1.

Die Zeittelegraphen.

1. Die Uhrenregulirung. Durch die Eigenschaft des galvanischen Stromes, seine Wirkung auf Entfernungen und mit einer Geschwindigkeit fortzupflanzen, die man gegen die auf unserem Erdball gegebenen Verhältnisse unendlich gross nennen kann, wird die Lösung der Aufgabe ermöglicht, unsere Uhren auf grosse Entfernungen hin unter einander in Uebereinstimmung zu bringen, und dem Zeitmaasse eine Genauigkeit zu verleihen, welche man früher nicht für möglich gehalten hatte.

Die so sehr verschiedenen Instrumente der Zeitmessung lassen sich in zwei Gruppen ordnen, nämlich in solche, welche auf einander folgende bestimmte Gränzen in der stetig verlaufenden Zeit festsetzen, und in solche, welche die Gränzen der Dauer eines bestimmten Vorganges in der Zeit möglichst genau feststellen. Die ersteren bezeichnen wir mit dem Namen der Uhren oder Chronometer, während die letzteren Chronoscope oder Chronographen genannt werden.

Man hat versucht, die Uhren mittelst des Elektromagnetismus sowohl einzeln als unter einander auf einen gleichmässigen Gang zu bringen. Es leuchtet ein, dass die letztere Aufgabe die bei weitem wichtigere ist, und auf ihre Lösung erstreckten sich daher gleich nach der Erfindung der Telegraphie die Bemühungen der Physiker. Die Einrichtungen, welche zur Erreichung jenes Zweckes getroffen worden sind, hat man in neuster Zeit den Namen Zeittelegraphen gegeben.

2. Steinheil's System. Der Physiker, welcher zuerst einen praktisch brauchbaren elektromagnetischen Telegraphen herstellte, war

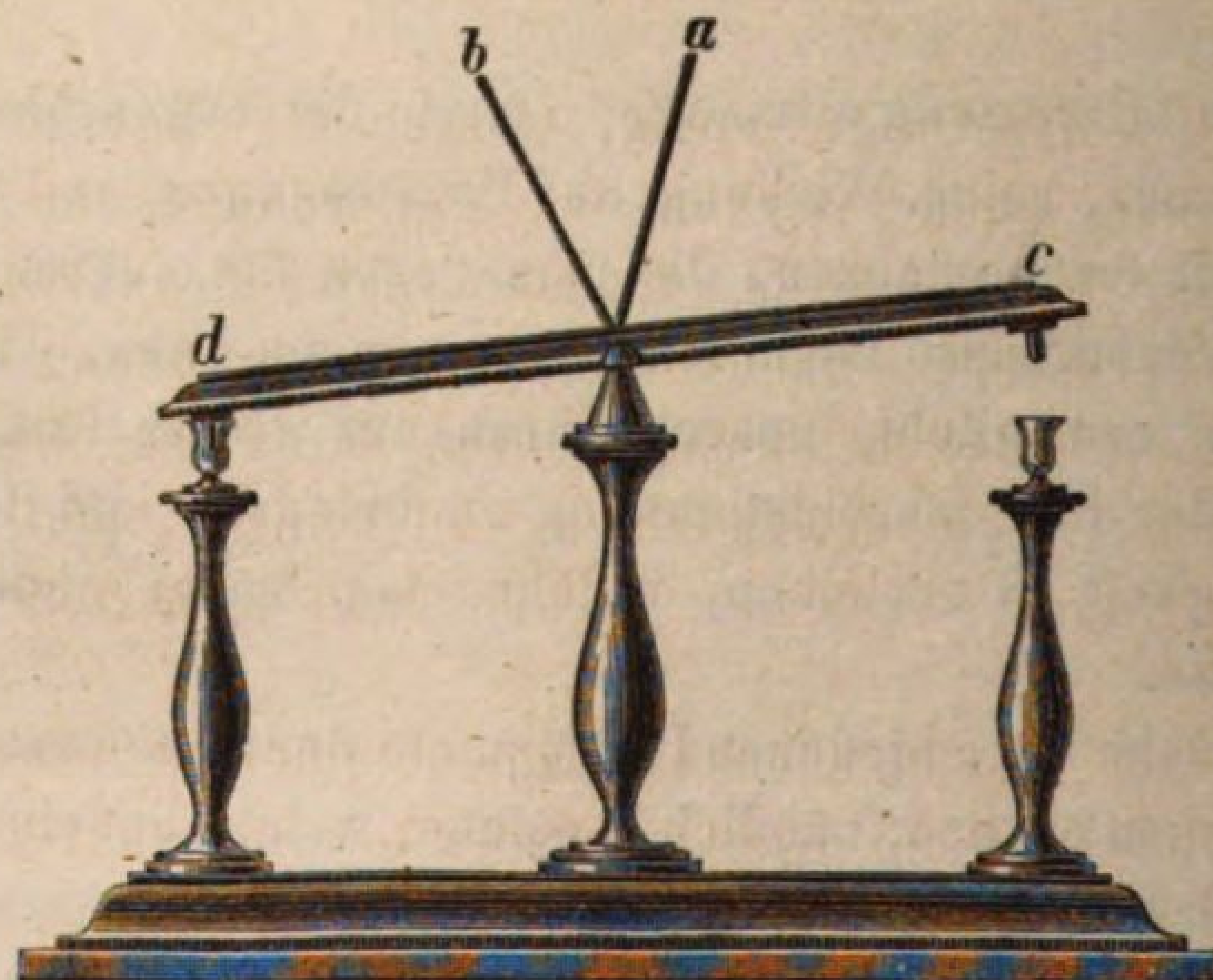
auch der Erste, welcher mittelst Anwendung des Elektromagnetismus ein System erfand, durch das eine beliebige Menge von einander entfernter Uhren in gleichmässigen Gang gesetzt wurde.

Steinheil erhielt im Jahre 1839 am zweiten October in München das Patent auf diese Erfindung. [1]) Dieselbe besteht im Wesentlichen in folgender Einrichtung.

Eine gut gehende Pendeluhr, die Hauptuhr, berührt mit dem untersten Ende ihrer Pendelstange beim Hin- und Hergehen abwechselnd eine von zwei schwachen Federn *a*, *b*, welche über einem Commutatordeckel *c d* in der Weise, wie Fig. 359 angiebt, in die Höhe stehen.

Hierdurch wird der von der Säule kommende Strom während jeder

Fig. 359.



Sekunde zwei Mal umgesetzt. An jeder der in Bewegung zu setzenden Uhren ist eine Magnetnadel innerhalb eines Multiplicators angebracht, welche durch die wechselnde Stromrichtung einen Anker zum Oscilliren bringt, der dann das Uhrwerk in Bewegung setzt.

Anstatt der durch Multiplicatorgewinde oscillirenden Nadel schlägt Steinheil auch, wenn mehr Kraft nöthig wäre, zwei sich kreuzende Stahlmagnete vor, welche durch die zwischen ihnen angebrachten Pole eines Elektromagneten in Oscillation versetzt würden.

So kann also durch dieses Mittel eine beliebige Anzahl von Uhren in Gang versetzt werden, wenn nur immer die Grösse der galvanischen

[1]) Bayrisches Kunst- und Gewerbeblatt 1843, p. 127.

Säule der Menge der zu bewegenden Uhren angemessen genommen wird, und zwar ist dieser Gang durchaus gleichmässig und ganz unabhängig davon, ob die Uhren mehr oder weniger sorgfältig gearbeitet sind. Alle mit in den Kreis eingeschlossenen Uhren zeigen stets eine und dieselbe Zeit, sie brauchen nicht aufgezogen, nicht gestellt und auch nicht eben sorgfältig vor den Witterungsverhältnissen geschützt zu werden.

Am Schlusse seiner Darstellung erwähnt Steinheil zugleich noch der anderen Art von Systemen, welche hinsichtlich der elektromagnetischen Uhren möglich ist.

Das oben beschriebene System der Zeittelegraphie besteht darin, dass sämmtliche zu dem Systeme vereinigten Uhren durch den von der Normaluhr umgesetzten galvanischen Strom selbst getrieben werden. Man könnte nun aber auch eine Einrichtung treffen, in Folge deren die zu dem System gehörigen Uhren durch ein gewöhnliches Uhrwerk getrieben, aber nach gewissen regelmässig einander folgenden Zeitabschnitten durch die Normaluhr auf gleichen Gang eingestellt würden. Eine Einrichtung dieser Art würde vor der erstgenannten den Vorzug haben, dass die übrigen Uhren fortgehen, wenn die Normaluhr stehen bleibt, während bei der von Steinheil beschriebenen Einrichtung mit der Normaluhr auch alle übrigen Uhren des Systems stehen bleiben müssen. Trotz dieses Vorzuges haben doch die Erfinder ähnlicher Uhrsysteme sich der von Steinheil getroffenen Einrichtung angeschlossen, und zwar, wie es scheint, aus demselben Grunde, weshalb man Anfangs die Telegraphen nicht durch Uhrwerke in Gang setzte. Man wollte dem galvanischen Strome, wenn er nun einmal in Thätigkeit sein sollte, auch die ganze Arbeit zuertheilen.

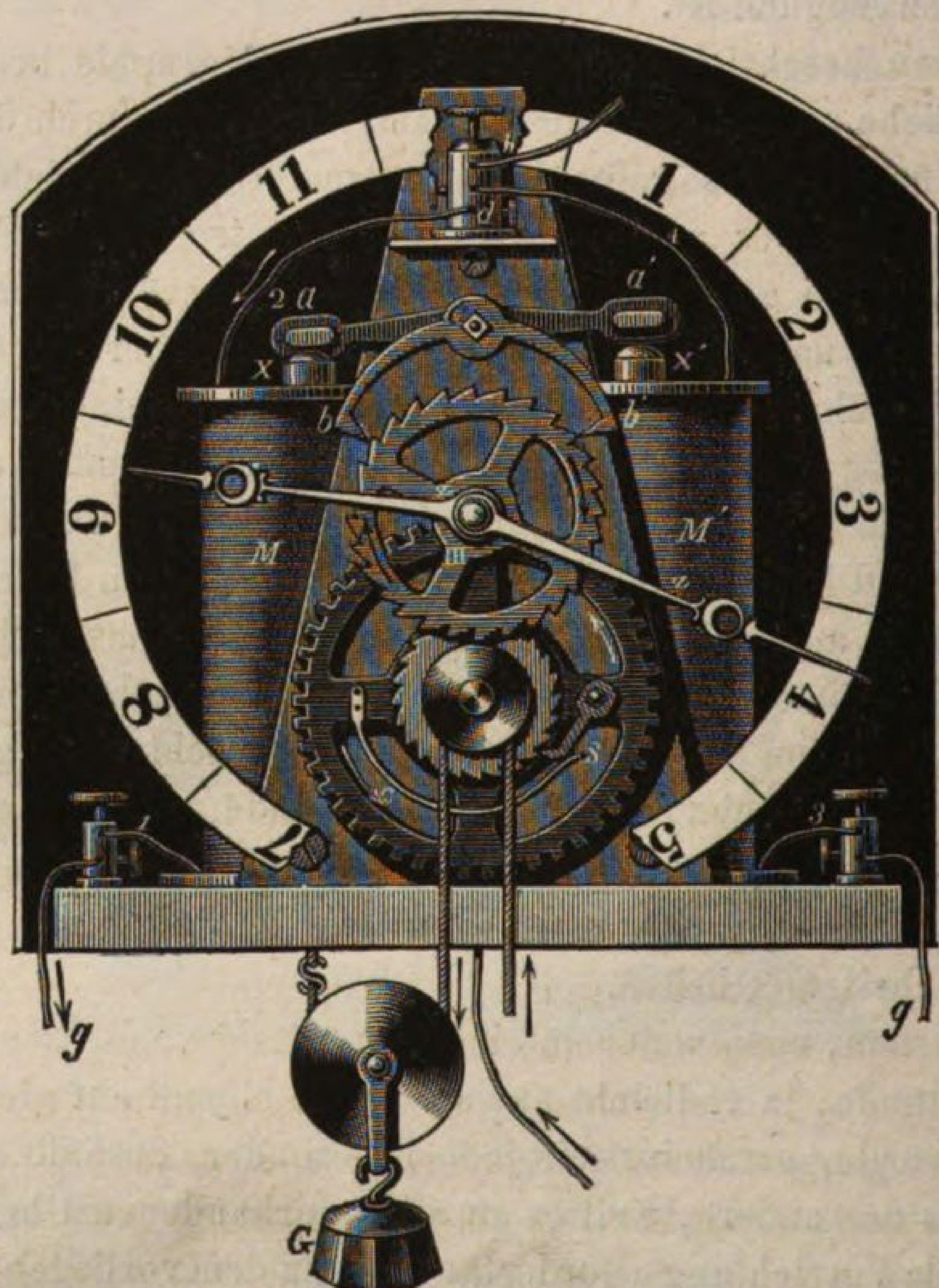
Das System, nach welchem eine grosse Zahl von Uhren nur immer etwa jede Stunde, ja vielleicht nur alle Tage einmal auf gleichen Gang eingestellt würde, erscheint mir jedoch besonders deshalb empfehlenswerther, als das andere, weil es an allen vorhandenen Uhren nur eine unbedeutende Vorrichtung erfordert, um sie zu dem vorliegenden Zwecke geeignet zu machen. Wollte man z. B. sämmtliche Thurmuhren Berlins auf gleichen Gang bringen, so wäre weiter nichts nöthig, als an dem Minutenzeiger eine Art Keil anzubringen, über den nach jeder Stunde durch die Anziehung eines Elektromagneten eine Gabel gesteckt würde, welche ihn genau auf dieselbe Richtung einstellen müsste. Alle zu dem Systeme vereinigten Uhren würden dann nach jeder Stunde genau dieselbe Minute zeigen. Ein System dieser Art hat Bain vorgeschlagen.[1])

[1]) Du Moncel, App. de l'El. II, p. 255.

3. Wheatstone's System. Wenngleich wir Steinheil den ersten Erfinder der elektromagnetischen Uhren nennen müssen, so hat doch auch Wheatstone unabhängig davon dieselbe Erfindung gemacht, und ein Jahr später (1840) darauf ein Patent genommen.[1])

Wheatstone benutzt als Uhrwerk die Einrichtung seines Zeigertelegraphen, welcher für diesen Fall die Form erhält, wie Fig. 360 zeigt.

Fig. 360.



Anstatt des Pendels, welches bei anderen Uhren mittelst des Echappements $b\,b'$ den Gang der durch das Gewicht G bewegten Räder regelt, wirkt in diesem Falle der Elektromagnet $M\,M'$. Seine Aufgabe ist, abwechselnd durch M und M' den Hebel $a\,a'$ nach der einen und anderen Seite zu senken, und so das Vorschreiten des Zahnrades durch

¹) Bulletin de l'Ac. de Bruxelles 1840; Du Moncel App. de l'El. II, p. 226.

b und *b'* zu reguliren, in Folge dessen dann die Uhr ihren Gang wie jede gewöhnliche Uhr nimmt.

Damit nun bei allen in dem galvanischen Kreis eingeschlossenen Uhren durch ihren Elektromagneten die Bewegung in regelmässigem Gange erhalten werde, ist in den Kreis eine gewöhnliche Uhr als Normaluhr eingeschaltet. Diese Normaluhr trägt auf der Axe des Zahnrades des Echappements ein anderes Zahnrad von Messing, über dessen 60 Zähne eine Feder schleift. Jeder Zwischenraum zwischen den Zähnen ist mit Elfenbein ausgefüllt. Dreht sich nun dieses Rad in der Minute einmal herum, so streift die Feder 60 Mal auf Messing und 60 Mal auf Elfenbein. Ein nach der Feder und von der Achse des Messingdrahtes weiter geleiteter Strom wird also in dieser Weise in einer Minute 60 Mal geschlossen und unterbrochen. Wird nun der Strom an der elektromagnetischen Uhr durch eine geeignete Commutation von *h* aus abwechselnd in den Leitungsdraht nach *M* und nach *M'* geleitet, so erhält das Echappement die Bewegung, welche sonst durch ein gewöhnliches Pendel bewirkt wird, und die Uhr bleibt in gleichem Gange mit der Normaluhr.

Eine diesem System analoge Einrichtung hat das System von Bréguet. [1])

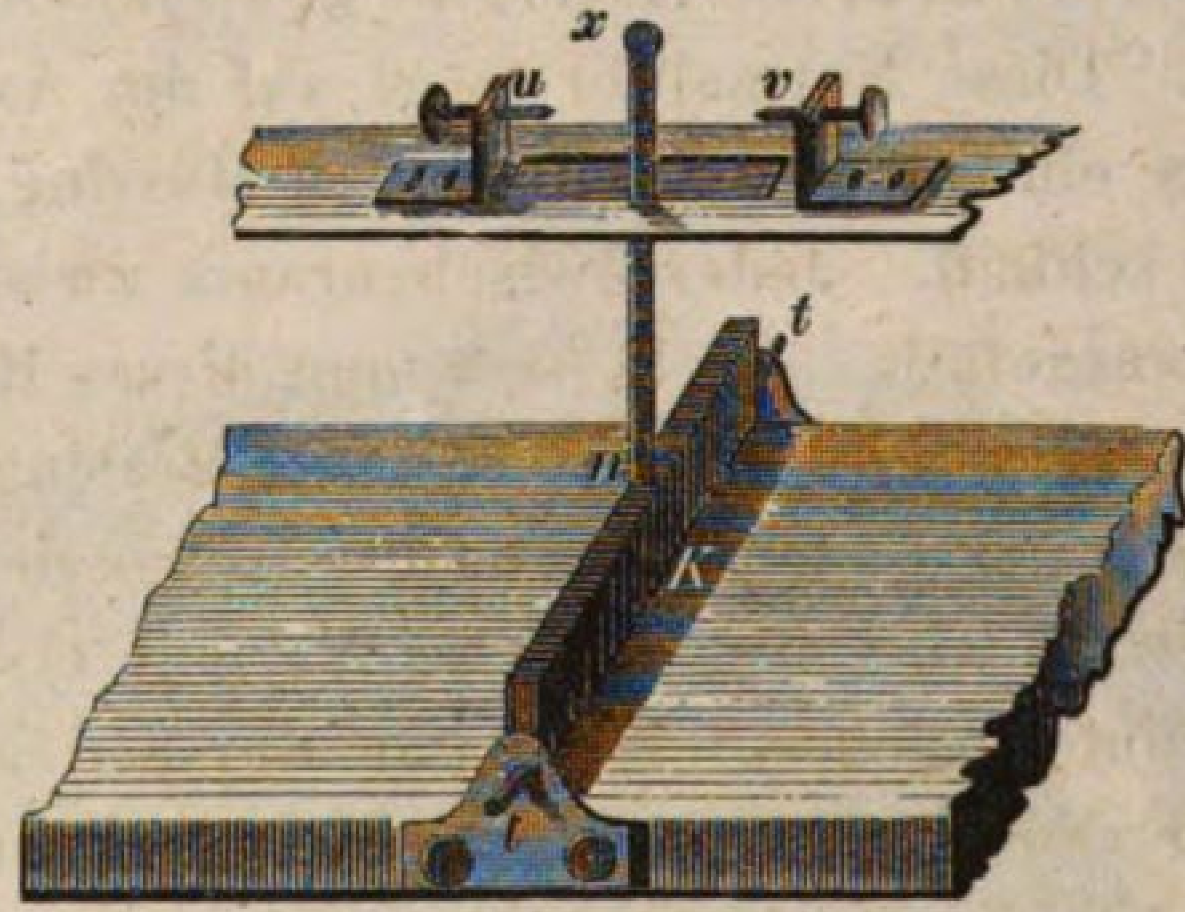
4. Das elektromagnetische Pendel von Lamont. [2]) Im Jahre 1848 stellte Lamont ein „galvanisches Pendel“ her, welches den Zweck hatte, die astronomischen Uhren zu controlliren, nicht aber selbst eine Uhr zu treiben, welche Anwendung des Apparates allerdings auch keine Schwierigkeiten gehabt haben würde.

Die Art, wie das galvanische Pendel durch Elektromagnete in Bewegung gesetzt wird, ist folgende. Die Pendelstange ist oben an einem flachen Querstück aus Messing befestigt. Dieses Messingstück trägt nach unten die Schneide, auf der das Pendel ruht, oben sind auf demselben zwei kleine Elektromagnete *M* und *M'* befestigt, und zwischen diesen befindet sich ein Anker *K* wie die Fig. 361 zeigt. Dieser Anker hängt in der Axe *t t* und hat nach oben einen Fortsatz *n x*, der zwischen den Schrauben *u* und *v* schwingen kann. Wird nun das Pendel z. B. nach links hin bewegt, so wird durch eine Vorrichtung unten am Pendel, die wir später kennen lernen werden,

[1]) Du Moncel, App. de l'El. II, p. 236. [2]) Münchener Sitz.-Ber. d. Ak. Bd. VI, Abth. 2, p. 455. Karsten, Bd. 20, p. 1139.

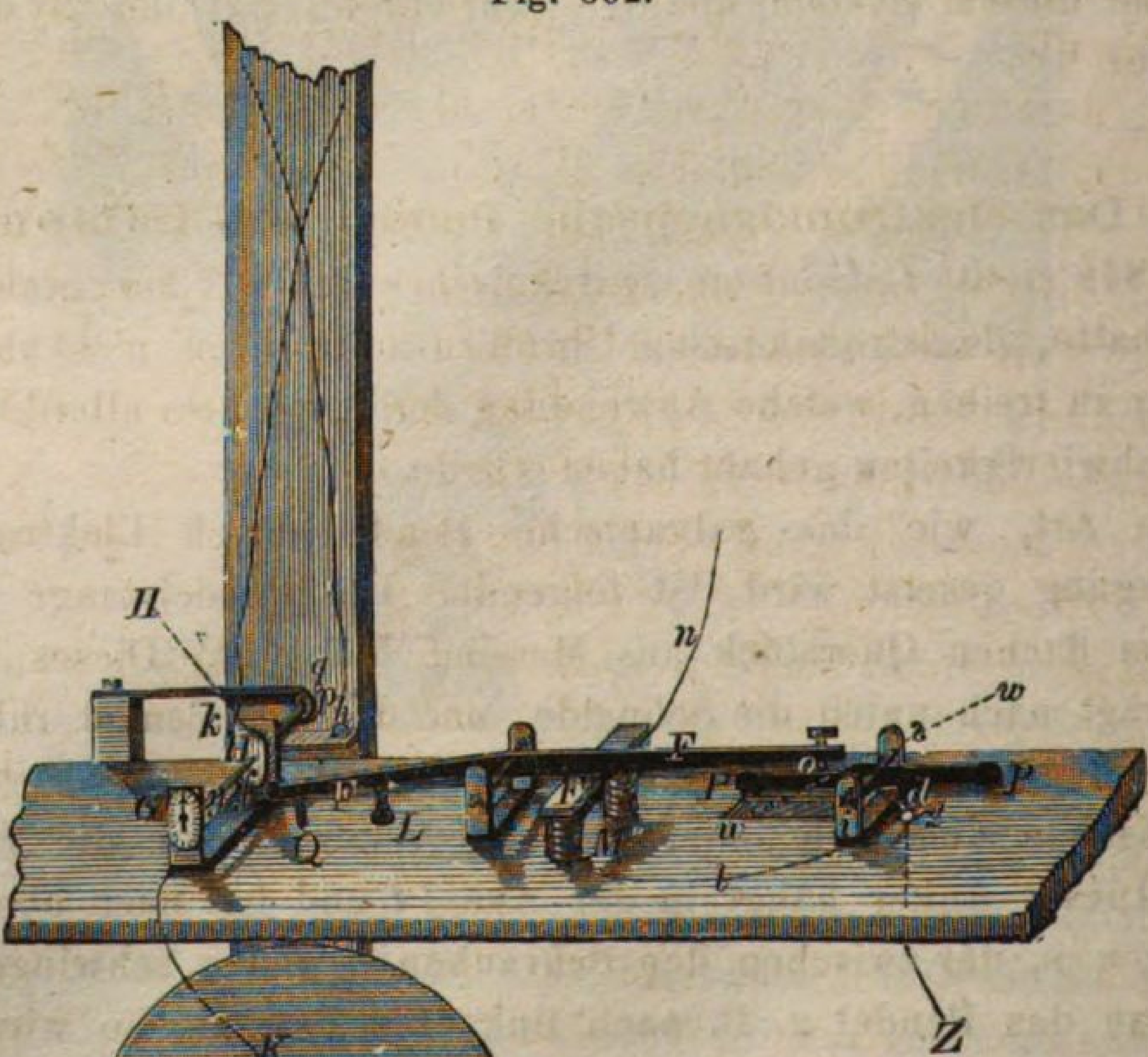
der Strom des Magneten *M* links geschlossen, der Anker wird nach links hinüber gezogen, und der geänderte Schwerpunkt treibt nun das Pendel mit grösserer Kraft als er sonst gehen würde nach rechts. Da-

Fig. 361.



durch wird der Strom für den Magneten *M'* geschlossen und die Bewegung geschieht aus denselben Gründen wieder nach links.

Fig. 362.



Die eben erwähnten Schliessungen des Stromes werden unten an dem Pendel in folgender Weise bewirkt. Vor dem Pendel ist dicht über

der Scheibe an dem Uhrkasten ein Blatt befestigt, welches wie die Fig. 362 deutlich erkennen lässt, mitten vor der Pendelstange einen Leitungsstab trägt, der in einem Platinplättchen *p* endigt. Diese Platinplatte reicht bis nahe an das Pendel heran und taucht bei der Schwingung der Pendelstange in zwei seitwärts an dieser befestigte Quecksilbernäpfchen *k* und *h*, in welche die Leitungsdrähte zu den Elektromagneten *M* und *M'* endigen. So bewirkt also das Platinplättchen die Schliessung der Stromleitung, die andererseits über die vorn erwähnte Messingplatte zur Säule zurückgeht.

Um nun den Unterbrechungsfunken beim Quecksilber zu verhindern, verlegt Lamont die Unterbrechungsstelle an einen anderen Ort.

Auf dem Brett am Uhrkasten befindet sich neben dem Stabe, der die Platincontaktscheibe *p* trägt, ein Elektromagnet *M''*, dessen Anker *E* den Hebel *F* trägt, welcher, wenn er gehoben wird, in das Zahnrad *H* eingreift. Wird nun *M''*, magnetisch, so senkt sich durch den Anker *E* die rechte Seite des Hebels *F F* und schlägt auf einen Stift, der an der linken Seite eines Balancier *P P* angebracht ist. Dieser Balancier schlägt nun bis in die Richtung *w w* aus und hebt einen an der rechten Seite desselben angebrachten Platinstift *s* aus einem Quecksilbernäpfchen, durch das die leitende Verbindung geht. Nun entfernt sich erst, nachdem der Strom bereits an dieser Stelle unterbrochen ist, die Platinplatte *p* aus den Quecksilbernäpfchen *k* und *h* ohne einen Funken zu erzeugen. Erst wenn dies geschehen ist, und der Hebel *F F* durch die Abreissfeder *L* wieder auf der linken Seite gesenkt ist, kehrt der Stift *s* wieder in das Platinschälchen *d* zurück.

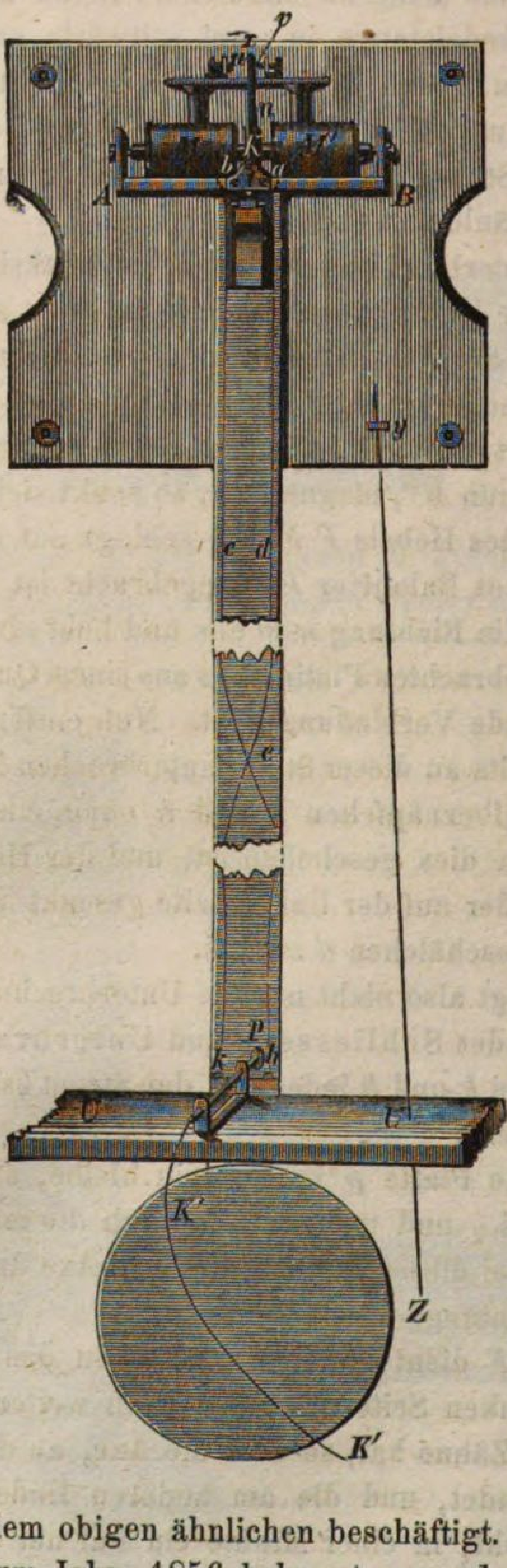
Lamant verlegt also nicht nur die Unterbrechungsstelle, sondern er theilt die Arbeit des Schliessens und Unterbrechens. Während die Platinplatte *p* bei *k* und *h* jedes Mal den Strom schliesst, unterbricht ihn der Stift *s* wieder.

Damit aber die Platte *p* immer rein bleibe, streift an derselben noch eine Feder bei *q* und unterhält dadurch die metallische Reinheit, da sich die Platte bei dieser Reibung um ihre Axe dreht. Dies bewirkt die folgende Vorrichtung.

Der Hebel *F F* dient nämlich noch dazu das Rad *H* bei seiner Hebung auf der linken Seite um einen Zahn weiter zu schieben. Da nun dieses Rad 60 Zähne hat, so wird die Axe, an deren Ende sich die Platinplatte *p* befindet, und die am anderen Ende, nach vorn, den Sekundenzeiger dreht, in einer Minute ein Mal um sich selbst gedreht und zeigt somit zugleich die Sekunde. Die Fig. 363 stellt die ganze Einrichtung mehr schematisch dar.

Bald nach der Veröffentlichung der Abhandlung **Lamont's** über das von ihm construirte Pendel, hat sich **Jakobi** in Petersburg mit der

Fig. 363.



Anfertigung eines dem obigen ähnlichen beschäftigt. Er bemerkt, dass von allen ihm bis zum Jahre 1856 bekannt gewordenen Vorrichtungen dieser Art, das Pendel von Lamont allein die Bedingungen einer von

der Stärke des Stromes durchaus unabhängigen Bewegung erfülle. Das Pendel Jakobi's zeichnet sich unter Anderem auch dadurch vor dem von Lamont aus, dass die Unterbrechung des Stromes nicht durch Quecksilber, sondern durch Trennung zweier aneinander schleifender fester Metalle bewirkt wird.

5. System von Bain.[1]) Ausser dem vorn erwähnten Regulator eines ausgedehnten Systems von Uhren hat Bain noch mehrere andere Vorschläge gemacht, die den gleichmässigen Gang der Uhren eines bestimmten Bezirks mittelst des galvanischen Stromes bezwecken.

Eine Abänderung der Vorrichtung der Normaluhr von Wheatstone trifft Bain in der Weise, dass er die alternirende Unterbrechung und Schliessung des Stromes nicht mittelst eines auf der Axe sich drehenden Rades, sondern durch eine an der Pendelstange befestigte Feder bewirkt, welche bei der oscillirenden Bewegung des Pendels jedes Mal eine kurze Zeit auf einem Metallplättchen streift. Während dieser Zeit schliesst sie den in die Platte ein- und bei der Schneide des Pendels austretenden Strom und stellt so momentan die leitende Verbindung her.

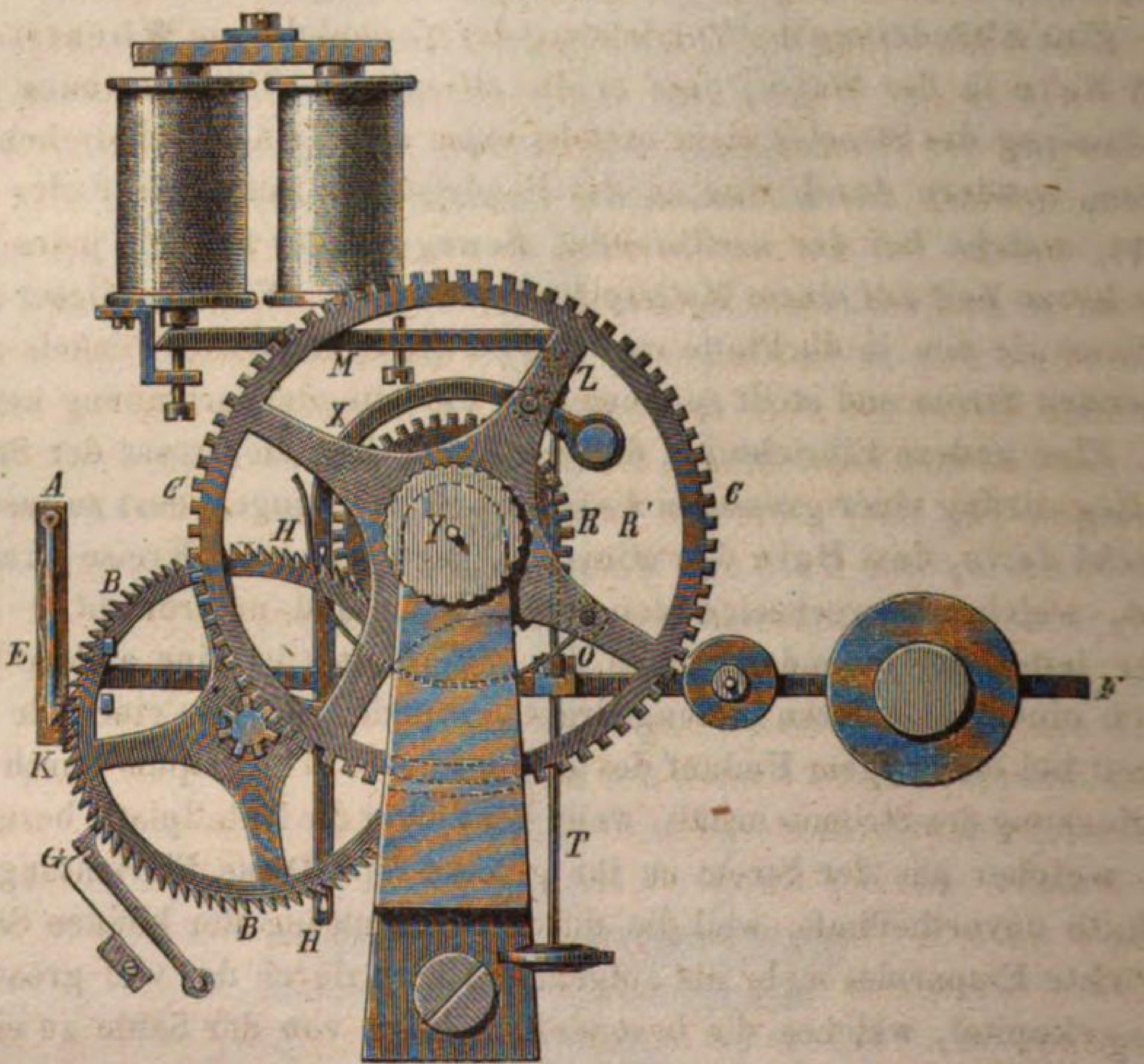
Eine andere Einrichtung, die den Zweck hat, die Grösse der Säule bei Regulirung einer grösseren Anzahl von Uhren ungeändert zu lassen, besteht darin, dass Bain den Minutenzeiger über einem Kreise streifen lässt, welcher abwechselnd den Strom leitet und unterbricht.[2]) Mit einer jeden der leitenden Stellen des Zifferblattes ist eine andere Uhr durch einen besonderen Leitungsdraht verbunden, so dass eine jede der Uhren bei einmaligem Umlauf des Zeigers nur einen Impuls durch die Schliessung des Stromes erhält, wenn der Zeiger die Metallplatte berührt, von welcher aus der Strom zu ihr geleitet ist. Diese Einrichtung ist deshalb unvortheilhaft, weil die durch Beibehaltung der kleinen Säule bewirkte Ersparniss mehr als aufgehoben wird durch das viel grössere Anlagekapital, welches die besondere Leitung von der Säule zu einer jeden Uhr in Anspruch nimmt.

6. System von Garnier. Froment und Paul Garnier sind die Ersten, welche in Frankreich die Systeme elektromagnetischer Uhren in vollständiger und genügender Weise ausgeführt haben.[3]) Die von Garnier angewandte Normaluhr ist eine gewöhnliche Pendeluhr, welche die einander folgenden Stromschliessungen nicht durch ein un-

[1]) Du Moncel, App. de l'El. II, p. 250. [2]) Ib. p. 251. [3]) Dingler's Journ. 140, p. 423; Du Moncel, App. de l'El. II, p. 227.

mittelbar am Pendel oder am Echappement angebrachtes Rad bewirkt, sondern die dieselbe durch eine Hebelvorrichtung und ein auf der Axe des Schlagewerks angebrachtes Zahnrad zu Stande bringt, das mittelst eines zweiten Zahnrades den Hebel hebt und wieder fallen lässt. Beim Niederfallen des Hebels berührt derselbe die Goldspitze einer Feder und schliesst so den Strom. Durch diese viel complicirtere Vorrichtung verhindert Garnier, dass durch die Stromschliessung hemmend auf den Gang der Uhr gewirkt werde, sie schliesst alle 6 Sekunden den Strom.

Fig. 364.



Um diese Stromschliessungen zur Bewegung der elektromagnetischen Uhren zu benutzen, giebt Garnier denselben folgende Einrichtung. Der Elektromagnet (Fig. 364) zieht den Anker *M* an, und dieser hat als Gegenkraft seine eigene Schwere. Er ist mit einem Stabe *T* verbunden, der in *O* auf einen Hebel *E F* wirkt. Dieser Hebel befindet sich unter der Axe des Rades *C C'* und trägt an seinem Ende den Stab *A K*, auf dem ein Sperrhaken befestigt ist. Mit demselben Hebel sind zwei Stifte *H*, *H* in Verbindung, welche nach jeder Bewegung des Hebels das Sperrrad *B B'* aufhalten. Ausserdem ist ein zweiter Sperrhaken *G*

und ein Uebertragungsrad *C C'* vorhanden, welches in das Getriebe von *B B* eingreift.

Im Allgemeinen macht das Rad *C C'* einen Umgang in der Stunde, und natürlich muss die Zahl der Zähne des Sperrrades und Getriebes dieser Bewegung und der durch den Elektromagneten bewirkten angepasst sein. Wird nun der Elektromagnet thätig, so bewegt er das Sperrrad um einen Zahn vorwärts, aber gleichzeitig greift der obere Stift *H* in einen Zahn dieses Rades ein und hindert eine Weiterbewegung. Nach Unterbrechung des Stromes ist dann das Rad durch den zweiten Sperrhaken *G* und den unteren Stift *H* aufgehalten. Bewirkt nun die Normaluhr bei jedem Ausschlage des Pendels eine Stromschliessung, so wird dadurch das Sperrrad jedes Mal um einen Zahn weiter gedreht, so dass diese elektromagnetische Uhr mit der Hauptuhr gleichen Gang halten muss.

Was die Stromleitung betrifft, so setzt Garnier einen jeden der Elektromagnete durch Zweigströme in Thätigkeit. Er führt nämlich nicht den von der Säule ausgehenden Strom direkt durch die Windungen, sondern leitet beide Drähte, den welcher den Strom hin und den welcher ihn zurückführt zu jeder der Uhren, und führt dort einen Zweig durch die Spiralen. Dadurch wird nun zwar eine Unterbrechung in einer einzelnen Uhr für den ganzen Stromkreis unschädlich gemacht, allein es wird auch die Stromleitung und das dafür erforderliche Anlagekapital doppelt so gross.

7. System von Siemens und Halske. Aehnlich dem soeben beschriebenen System von Garnier ist das in Deutschland mannigfach in Gebrauch befindliche von Siemens und Halske,[1]) welches die Fig. 365 veranschaulicht, dass aber unbedingt viel einfacher ist, als das obige.

Der Anker *b*, welcher mit einem Gegengewicht *G* versehen und um eine Axe bei *x* drehbar ist, drückt, sobald er vom Elektromagneten *M M* angezogen wird, den Schiebkegel *d* mittelst der Feder *f* in die Höhe und gegen das Minutenrad *S*.

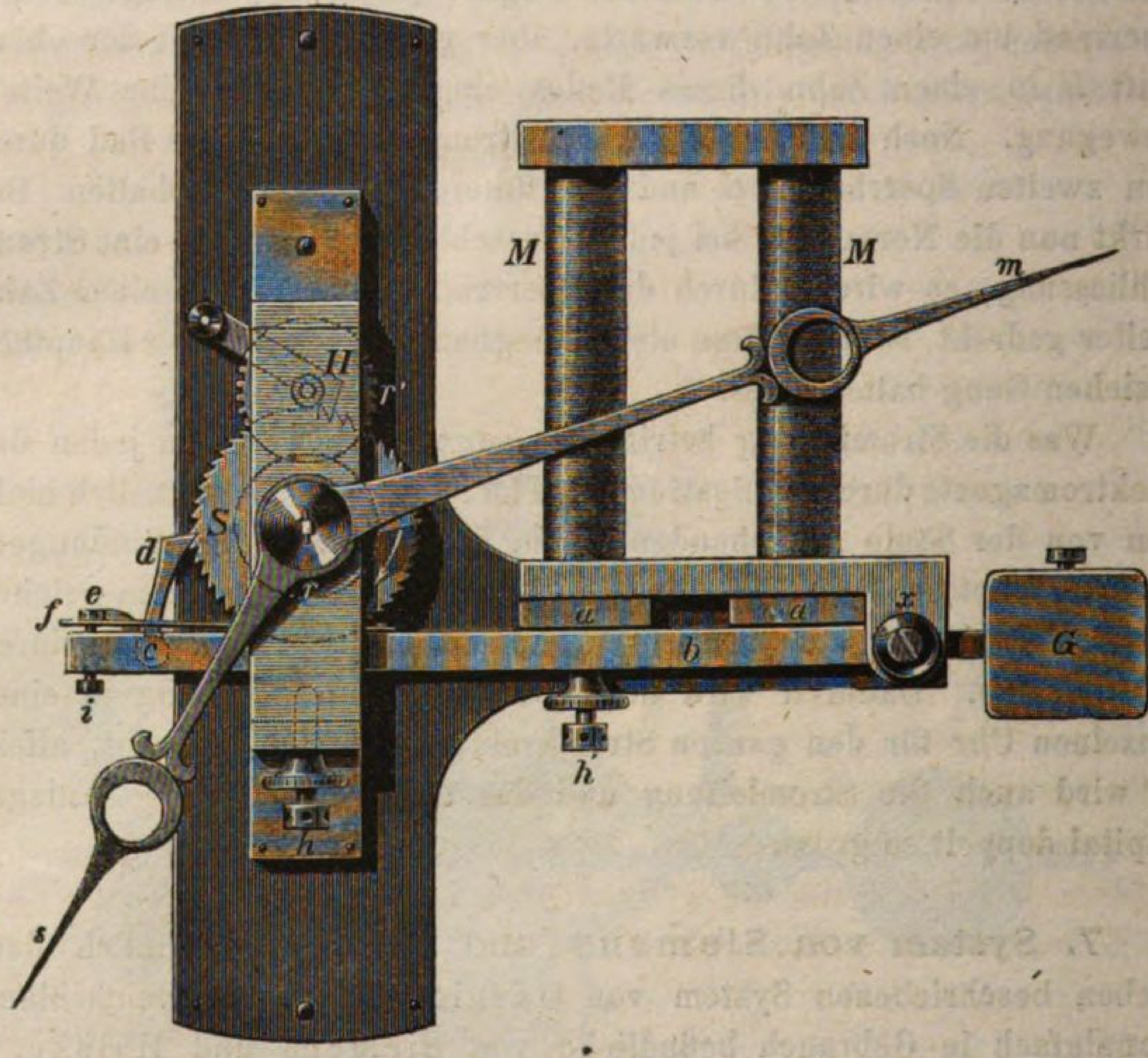
Findet diese Anziehung in jeder Minute einmal statt, so wird das Sperrrad in jeder Minute um einen Zahn weiter gerückt. Der Anker fällt nach Unterbrechung der Wirkung des Elektromagneten wieder ab, und dabei gleitet der Sperrkegel *d* in den folgenden Zahn des Minutenrades. Die Bewegung des Ankers wird durch die Schrauben *h* und *h'*

[1]) Schellen, elektr. Telegr. p. 371.

begränzt. Ein zweiter Sperrkegel H verhindert das Zurückgehen des Minutenrades, wenn sich d zurückbewegt.

Man sieht, dass bei diesen Uhren die Zeiger nur nach jeder Minute weiter bewegt werden. Damit nun durch die Normaluhr eine Strom-

Fig. 365.



schliessung nach einer jeden Minute eintrete, ist bei dieser eine Welle angebracht, welche sich in jeder Minute einmal umdreht. Sie trägt einen Stift, welcher eine mit einem Contaktkegel versehene Feder niederdrückt und so eine Schliessung des Stromes bewirkt.

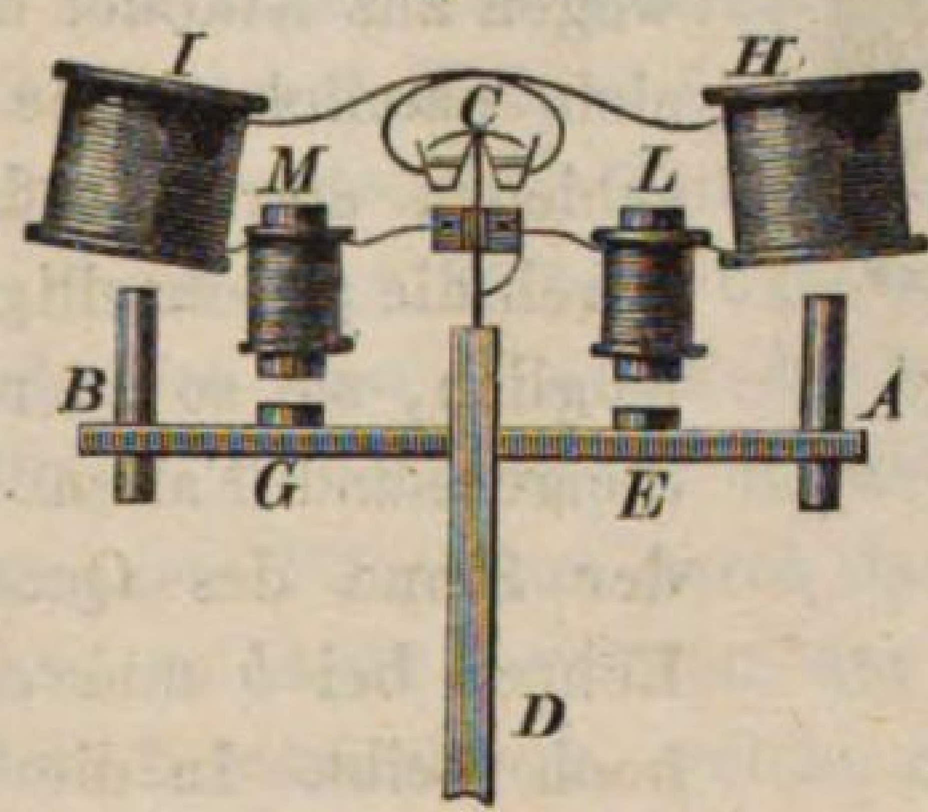
8. **System von Kerikuff.** Abweichend von den bisher beschriebenen Systemen ist in Bezug auf die Wirkung der Normaluhr das von Kerikuff. Bei demselben wird durch die Normaluhr ein Inductionsstrom erregt, welcher die übrigen unter einander verbundenen Uhren in Bewegung setzt.

Die Fig. 366 stellt schematisch die Anordnung des Apparates dar. Oben an der Pendelstange trägt ein Querstück aus Kupfer

zwei Stahlmagnete *A* und *B*, welche abwechselnd in die Inductionsspiralen *H* und *J* hineinreichen, sobald das Pendel sich in Bewegung befindet. In diesen Spiralen werden nun durch dieses Hinein- und Herausbewegen der Stahlmagnete Ströme erzeugt, welche die Elektromagnete *L* und *M* magnetisiren und die Anker *G* und *F* abwechselnd anziehen.

Der bei *C* gezeichnete Unterbrecher ist nun so eingerichtet, dass bei der grössesten Elongation des Pendels der Strom unterbrochen ist, und erst geschlossen wird, wenn das Pendel in seine Ruhelage zurück-

Fig. 366.



zukehren beginnt. Alsdann ist der Stromlauf so eingerichtet, dass, wenn dies z. B. auf der rechten Seite geschieht, *L* auf *E* abstossend, dagegen *M* auf *G* anziehend wirkt. Nach der anderen Seite geschieht die Einwirkung in umgekehrter Weise.

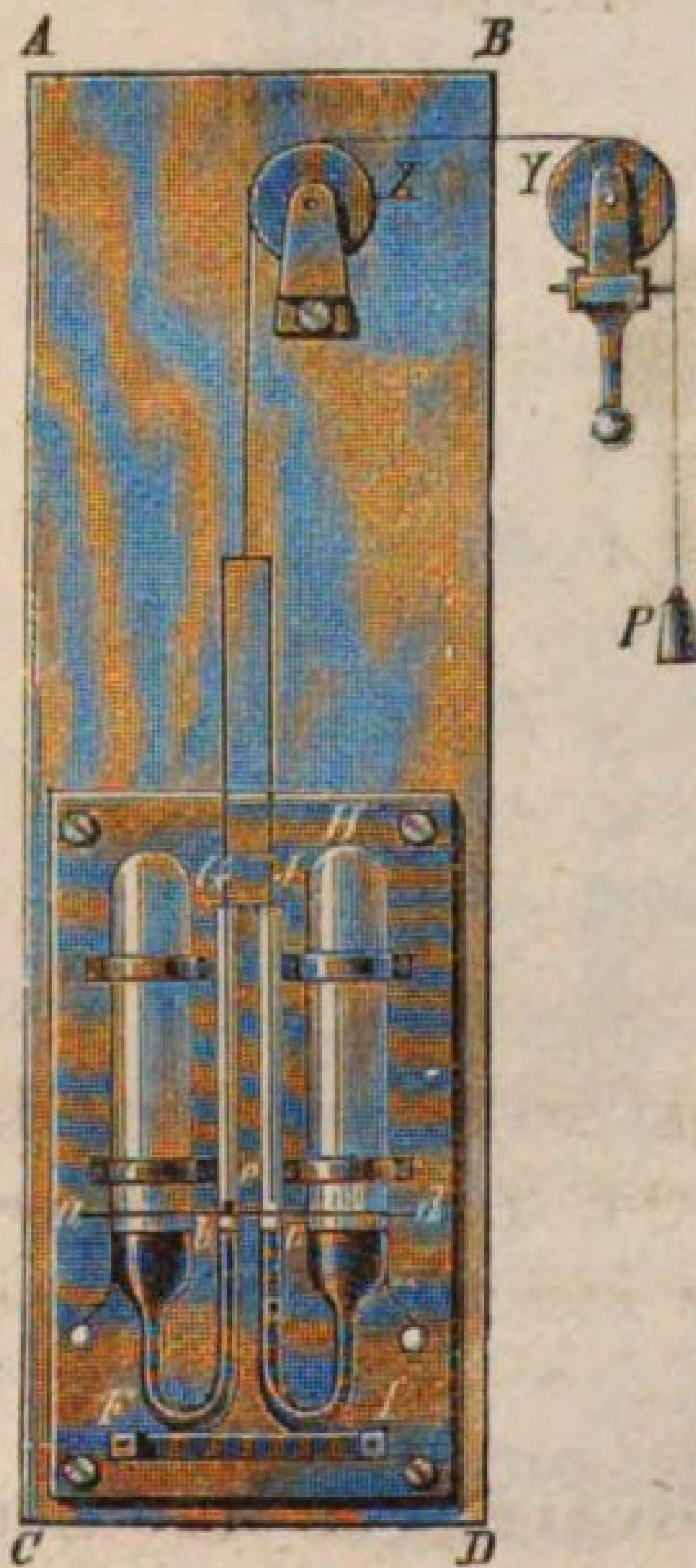
Eine dieser Einrichtung ähnliche hat Glösener in Anwendung gebracht, wo ebenfalls ein Inductionsstrom der Normaluhr zur Bewegung der anderen dient.

Zu diesem Zwecke trägt die Normaluhr einen hufeisenförmigen Stahlmagneten, dessen beide Arme mit Inductionsspiralen versehen sind. Dieser Magnet steht senkrecht, mit den Armen nach oben, und trägt über einem derselben einen schaukelnden Anker, dessen Arm nach aussen verlängert ist. Ein Hammer an dem Ende eines Hebels drückt diesen Arm nieder und reisst so den Anker von dem Magneten los, wodurch dann ein Inductionsstrom in den Spiralen erregt wird. Der Stiel des Hammers steht mit einem Zapfenrade der Uhr in Verbindung, so dass jeder Zapfen den Hammer senkt und dadurch einen doppelten Inductionsstrom erregt, welcher dann die Elektromagnete der in den Kreis eingeschlossenen Uhren in Thätigkeit versetzt.

Gloesener hat ein solches System ein ganzes Jahr ohne den geringsten Wechsel in Thätigkeit gehabt.[1])

9. System von Du Moncel.[2]) Schliesslich müssen wir noch eines Systems erwähnen, dessen Regulirung durch die Sonne bewirkt wird, dessen Einrichtung jedoch ziemlich verwickelt und daher schwer zu einem genügenden Grade der Vollkommenheit zu bringen ist. Du Moncel befestigt (Fig. 367) zwei Thermometer *F G* und *H I* neben einander, welche gekrümmte Röhren haben, die oben offen sind. Die Füllung dieser Thermometer besteht der Regulirung wegen aus Alkohol und Quecksilber. Da sich nämlich beide Flüssigkeiten verschieden stark ausdehnen, so wird es durch die gleichzeitige Anwendung beider möglich, sie so zu reguliren, dass beim Steigen und Fallen beider Flüssigkeiten der Stand des Quecksilbers in beiden Röhren bei *b* und *c* so ziemlich gleich hoch bleibt. In die oben offenen Röhren bei *G* und *J* reicht ein rechtwinklig gebogener Platindraht hinein, der an seinem einen Ende in dem Rohre *G* einen Schwimmer von Platin trägt. Dieser Platindraht wird mittelst der Rollen *X* und *Y* durch ein Gegengewicht *P* getragen und wird also durch den Schwimmer bei *b* mit dem Steigen und Fallen des Quecksilbers gehoben und gesenkt, so dass der Draht in dem anderen Rohre bei *c* stets etwa 1^{mm} von der Oberfläche des Quecksilbers entfernt bleibt, so lang beide Thermometer gleichmässig steigen und fallen. Zu dem Quecksilber in den länglichen Kugeln beider Thermometer führen eingeschmolzene Platindrähte, die, wie die Figur zeigt, mit Klemmschrauben im Verbindung sind, zu denen die beiden Pole der Säule führen.

Fig. 367.



Vor dem Thermometer *H I* steht ein Brennglas, während beide Thermometer durch einen genügend starken Porzellanschirm gegen die Sonnenstrahlen geschützt sind. Der Porzellanschirm hat einen Spalt,

[1]) Du Moncel, App. de l'El. II, p. 254; Dingler's Journ. 140, p. 425.
[2]) Ib., p. 255.

durch den die von der Linse concentrirten Sonnenstrahlen, gerade wenn die Sonne im Meridian steht, hindurch und auf das Thermometer fallen. Dadurch wird alsdann der gleichmässige Stand beider Thermometer gestört, das mehr erwärmte steigt höher, der Platindraht kommt bei *c* mit dem Quecksilber in Berührung und bewirkt so eine Schliessung des Stromes. Ist nun die Leitung dieses Stromes mit den zu regelnden Uhren in Verbindung, und sind diese mit einer Vorrichtung etwa wie die vorn beschriebene von Bain verbunden, so werden gleichzeitig alle Uhren auf 12 gestellt.

Da nun aber der Strom wieder unterbrochen werden muss, sobald die regelnden Elektromagnete gewirkt haben, und die Zeit, nach welcher der Strom durch die Abkühlung des Thermometer unterbrochen wird, zwischen 25 und 40 Sekunden variirt, so bedarf der Erfinder noch einer ferneren Vorrichtung zur rechtzeitigen Unterbrechung.

Diese bringt er dadurch zu Stande, dass er eine Feder auf dem Zahnrade der Uhr schleifen lässt. Diese Feder berührt um die Mittagszeit einen Zahn des Rades, welcher allein mit dem galvanischen Strome in leitender Verbindung ist. Fängt nun durch das Einstellen auf 12 Uhr das Rad an zu rotiren, so bleibt der Strom nur so lange geschlossen, als die Feder auf dem Zahne schleift, welche Schliessung etwa 6 Sekunden dauert. Nach dieser Zeit ist der Strom wieder unterbrochen, wenn auch der Platindraht noch in Berührung mit dem Quecksilber ist, und wird erst wieder nach 24 Stunden geschlossen.

Der Erfinder sagt selbst von dieser Einrichtung, dass sie, obgleich theoretisch sehr einfach, zu grosse Schwierigkeiten in der Ausführung darbietet, als das sie praktisch genannt werden könnte.

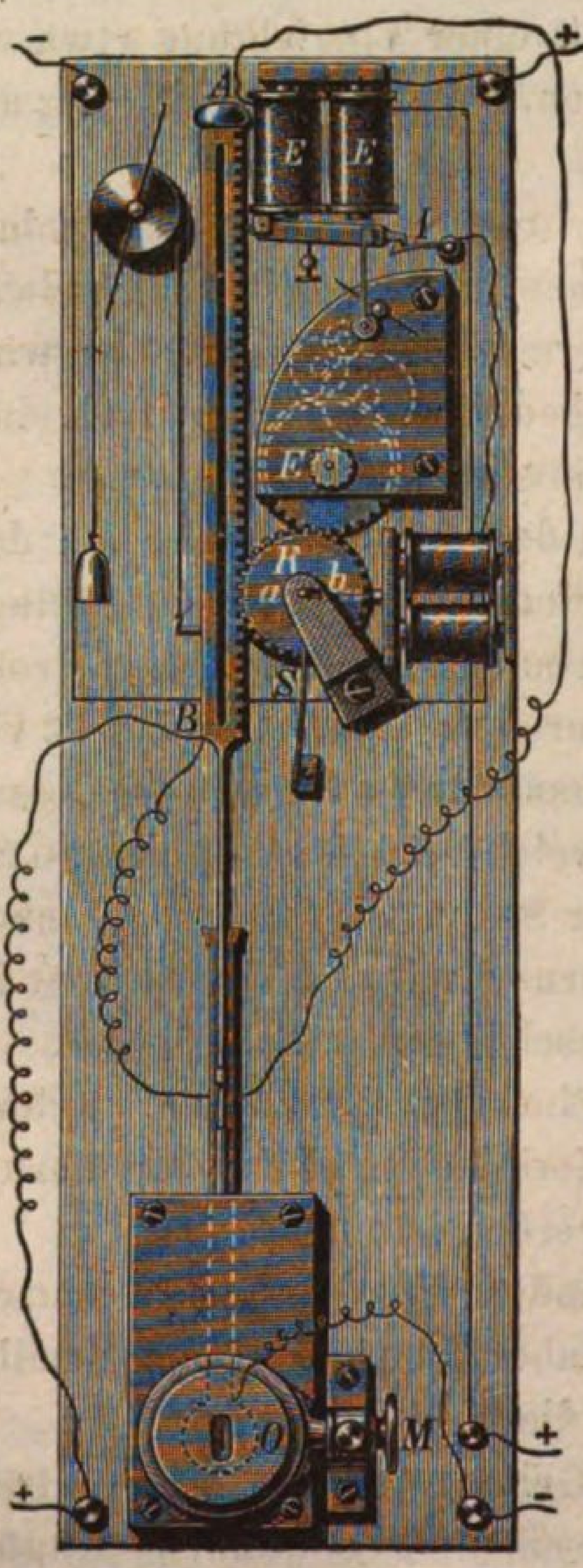
Du Moncel hat daher noch eine andere Vorrichtung zusammengestellt, die zwar einfacher als die erste, aber doch immer noch ziemlich zusammengesetzt ist. Die Fig. 368 stellt diesen Apparat dar.

Eine Zahnstange *A B*, von einem Gegengewicht gehalten, trägt unten zwei mit Seide besponnene und um einander gewundene Kupferdrähte, welche in zwei isolirte Platindrähte endigen. Diese Drähte, deren einer 1 bis $1^1/_2{}^{mm}$ länger ist als der andere, reichen in die offene Röhre eines Thermometers. Die Zahnstange kann durch ihr eigenes Gewicht in die Röhre hineinfallen, wenn sie nicht durch das Zahnrad *R* gehalten wird.

Eine halbe Stunde vor Mittag empfängt nun der seitwärts von *R* befestigte Elektromagnet durch die regulirende Uhr einen Strom, und zieht das Rad *R*, wie aus der Figur zu ersehen ist, durch den Anker aus den Zähnen der Zahnstange zurück. Diese sinkt nun so weit herab,

dass sie mit ihrem längeren Platindrahte das Quecksilber des Thermometers berührt. Dadurch ist der Strom in dem Elektromagneten *E E* geschlossen, dessen Anker dann den Strom des anderen Elektromagneten bei *I* unterbricht und so die Zahnstange am weiteren Sinken verhindert. Durch die Wirkung des Magneten *E E* wird nun aber das Uhrwerk frei, und die Zahnstange wird durch das Zahnrad *E* von *R* gehoben, sie steigt langsam, bis der längere Platindraht wieder aus dem Quecksilber herauskommt. Dann ist der Apparat in Ruhe.

Fig. 368.



Steigt also das Quecksilber allmälig durch die Lufttemperatur, so kann nach dem Obigen immer nur der eine Platindraht in das Quecksilber tauchen, denn wenn dies geschieht, wird die Zahnstange langsam gehoben durch *E* und *R*. Wirkt nun aber Mittags durch die bei *M* angebrachte Linse die Sonne durch den Schlitz bei *O* auf das Thermometer, so steigt dies schnell, und beide Platindrähte kommen in leitende Verbindung und schliessen so den Strom, welcher die Uhren regelt.

Hierdurch wird nun auch die Zahnstange sehr hoch gehoben und kann nicht eher fallen, als bis am folgenden Tage um $11^1/_2$ Uhr wieder der erstgenannte Magnet in Thätigkeit kommt. Die Stange steigt, bis das fallende Quecksilber sich von dem längsten Platindraht wieder entfernt hat.

Als Erfinder und Verbreiter der Zeittelegraphen, wie man sehr bezeichnend die besprochenen Uhrensysteme genannt hat, sind nun vor Allen noch Stöhrer und Scholle in Leipzig zu nennen, durch deren Bemühungen seit 1849 jetzt durch diese Stadt die unter einander verbundenen Uhren der Art verbreitet sind. Auch Houdin, Nollet, Detouche, Jaspar und Foucault haben der Entwicklung dieses Gegenstandes ihre Kräfte geliehen.

10. Die Einrichtung der Zeittelegraphie. Es könnte Wunder nehmen, weshalb die von Stöhrer in Leipzig getroffene Einrichtung noch so geringe Verbreitung in anderen Städten gefunden hat, da doch die durch sie gebotenen Vortheile in Städten von grösserer Ausdehnung ganz unzweifelhaft sind.

Ueber die sich bei Einrichtung der Zeittelegraphen entgegenstellenden Schwierigkeiten hat Kramer in einer längeren Darlegung bereits im Jahre 1851 gesprochen,[1]) als man daran dachte, diese Art der Telegraphie in Berlin zur Anwendung zu bringen. Die Schwierigkeiten liegen hier, wie bei der Telegraphie überhaupt, in der Leitung, bei der in dem vorliegenden Falle noch ein neuer Uebelstand hinzukommt, veranlasst durch die Stromabzweigung auf der ganzen Länge der Leitung, während die Sorge um den Schutz gegen muthwillige Beschädigung, wie gegen Nebenleitung und atmosphärische Einflüsse hier nicht geringer ist, als bei anderen Telegraphenleitungen.

Was die letztgenannten Punkte betrifft, so sind diese bereits früher ausführlich besprochen,[2]) und es ist hier nur die Frage, nach der zweckmässigsten Art der Leitung zu erörtern. Der Aufgabe gemäss, nach welcher auf dem ganzen Wege der Leitung in ungefähr gleichen Entfernungen von einander Ströme abgezweigt werden müssen, um Elektromagnete in Thätigkeit zu setzen, muss ein Netz von Leitungen die verschiedenen Strassen durchziehen, und es ist die Frage, welches System bei dieser Leitung angewandt werden soll. Soll dasselbe von einem Centralpunkte ausgehen, oder sollen mehrere Punkte an verschiedenen Stellen des mit der Leitung zu durchwebenden Ortes als gleichwerthig angenommen werden?

In dem ersten Falle stehen drei Wege offen. Vorausgesetzt, es gehe eine unterirdische Leitung von einem Mittelpunkte durch alle Strassen der Stadt, oder doch wenigstens nach allen den Punkten, an denen der Strom gebraucht wird; so kann man zu diesen Punkten aus der Erde heraus entweder eine Leitung in der Weise abzweigen, dass man den Leitungsdraht von der Hauptleitung zum Elektromagneten und von da zur Erde führt, oder man kann diese Leitung wieder zur Hauptleitung zurückführen, oder man führt endlich den ganzen Strom durch alle Uhren selbst.

Den ersten dieser Fälle unterwirft Kramer einer besonderen Betrachtung. Vorausgesetzt, es wäre am Ausgangspunkte eine galvanische Batterie aufgestellt, der eine Pol derselben mit der Erde und der andere

[1]) Dingler's Journ. 121, p. 111. [2]) Siehe Abschnitt III und IV.

mit der Hauptleitung unter der Erde in Verbindung gebracht, und es wären von diesem isolirte Drähte zu den galvanischen Uhren abgezweigt, die dann in die Erde führten; so würde der durch die galvanische Batterie erzeugte Strom allerdings nach den einzelnen Uhren geführt, und es stände der Realisirung dieser Idee nichts im Wege, wenn die durch die Zweigdrähte abfliessenden Stromtheile, unter der Voraussetzung einer grossen Anzahl von Uhren, auch nur annähernd einander gleich gemacht werden könnten.

„Beschränken wir aber auch," sagt Kramer, „die Menge der Uhren auf die bescheidene Anzahl weniger Hunderte, und nehmen wir an, dass jede von der nächstfolgenden etwa um 400 Fuss entfernt aufgestellt ist, was gewiss von der Wirklichkeit im Allgemeinen nicht bedeutend abweichen wird, machen wir endlich die für die Möglichkeit der Ausführung äusserst günstige Voraussetzung, dass der auf einen Elektromagneten aufgewickelte Multiplicatordraht dem galvanischen Strome einen 600mal so grossen Widerstand entgegensetze, wie ein 400 Fuss langes Stück des isolirten Hauptdrahtes (d. h. dass ein Elektromagnet einen Leitungswiderstand von 10 Meilen eines eine Linie dicken Kupferdrahtes besitze), so wird dennoch durch die der galvanischen Batterie am nächsten befindliche Abzweigung sogleich $^1/_{25}$ des galvanischen Stroms abfliessen, und nur $^{24}/_{25}$ werden in dem Hauptdrahte weiterfliessen, um die übrige grosse Anzahl Uhren in Bewegung zu setzen. Die nächstfolgende Ableitung würde dann wieder $^1/_{25}$ des bereits geschwächten Stromes absorbiren, und dieser Vorgang würde sich bei jeder folgenden Uhr erneuern." —

Dass unter den genannten Bedingungen der abfliessende Strom $^1/_{25}$ beträgt, geht daraus hervor, dass die einzelnen Stromabzweigungen in einen Kettenbruch ausgedrückt werden müssen, aus dessen Werth, wenn er unendlich ist und $= x$ gesetzt wird, sich ergiebt

$$x = \frac{m}{1 + x}$$

wo $m = 600$ ist. Aus dieser Gleichung ergiebt sich aber $x = 24$.

Unter dieser Bedingung, dass $^1/_{25}$ des Stromes bei einer jeden Abzweigung verloren gehe, erleidet der Strom nun aber gar bald eine empfindliche Schwächung, so dass er schon bei der 27sten Abzweigung nur noch ein Drittel seiner ursprünglichen Kraft besitzt.

Hieraus leuchtet ein, dass es in dieser Weise nicht möglich ist, viele Uhren in Bewegung zu setzen. Ebenso wenig würde dies unter den gegebenen Bedingungen nach der zweiten Methode möglich sein, da der durch den Draht des Elektromagneten gehende Strom ver-

schwindend klein ausfallen müsste und also den Elektromagneten nicht in Thätigkeit setzen würde.

Es war nun die Frage, ob nicht die in beiden Fällen auftretenden Uebelstände durch Einschaltung von Widerständen gehoben werden könnten. Ob also nicht für den ersten Fall, wo die näheren Uhren bei weitem der grösste Theil der durch die Batterie erzeugten Kraft zuströmt, den weit entfernten aber fast gar nichts, dem Abfliessen des Stromes vermittelst Einschaltung von Neusilberdrähten ein grösseres Hinderniss in den Weg zu legen wäre, damit z. B. bei Anwendung von 1000 Uhren wirklich der ersten Uhr $^1/_{1000}$ des Stromes zufliesse. Für den zweiten Fall, wo nämlich bei jeder Uhr ein Draht von der Hauptleitung ab- und wieder zu ihr zurückgeführt werden sollte, müsste dann zwischen der Ableitungs- und Wiederzuführungsstelle der besagte Neusilberdraht in die Hauptleitung eingeschaltet werden, um durch dieses Mittel der Nebenschliessung einen grösseren Strom zuzuführen. Kramer betrachtet auch hier den ersten Fall, bei welchem sich unter den gegebenen Bedingungen herausstellt, dass in den Ableitungsdraht der ersten von den 1000 Uhren noch ein künstlicher Leitungswiderstand von 8325 Meilen Neusilberdraht eingeschaltet werden müsste, bei der zweiten würden es 8308 Meilen sein müssen, etc. — Um auf diesem Wege 1000 Uhren in Bewegung zu setzen, würden etwa 8000 Daniell'sche Elemente erforderlich sein. Selbst wenn man die Anzahl der Uhren auf 100 reducirte, würde für die erste Abzweigung immer noch ein Widerstand von $82^1/_2$ Meile Neusilberdraht erforderlich sein.

Aehnlich würden sich die Verhältnisse gestalten, wenn man den zweiten Fall realisiren wollte, wo bei jeder einzelnen Uhr der einzuschaltende Widerstand von der ersten bis zur letzten gleich gross sein müsste.

Weniger grosse Kosten würde der dritte vorn erwähnte Fall erfordern, in welchem der Strom ganz durch alle Uhren nach einander geleitet würde, allein dann träte der durchaus zu vermeidende Umstand ein, dass irgend welche Störung oder Verletzung sogleich sämmtliche Uhren zum Stehen brächte.

Da nun der andere Fall, von dem Centralpunkte nach jeder einzelnen Uhr direkt einen Draht zu leiten, eben wegen der Kosten auch unausführbar ist, so schlägt Kramer schliesslich einen Mittelweg vor.

„Man führe,“ sagt er, „von dem in der Mitte der Stadt belegenen Ausgangspunkte 40 isolirte Drähte, wie die Radien eines Kreises nach den verschiedenen Stadttheilen und schliesse in jeden derselben etwa 100 Uhren ein. Wird in diesem Falle einer der Drähte gestört, so

bleiben nur die mit ihm verbundenen Uhren stehen. Sind aber diese Leitungen unter der Erde gemacht, so ist im Ganzen immer nur die Gefahr, dass die Abzweigung gestört, und also nur eine Uhr aufgehalten wird."

Alle hier aufgeführten Schwierigkeiten fallen zum grossen Theil weg, wenn nur die doch immer schon wichtige Einrichtung getroffen würde, dass sämmtliche Thurmuhren auf galvanischem Wege regulirt würden, dass also die Zahl der zu regelnden Uhren etwa 50 betrüge.

§ 2.

Elektromagnetische Uhren.

1. Der Gang der Uhr. Nach der Theorie lösen unsere gewöhnlichen Pendeluhren ihre Aufgabe vollkommen, welche darin besteht, den Zeiger in stets gleichen auf einander folgenden Zeittheilen seinen Umlauf auf dem Zifferblatte vollenden zu lassen. Diese Gleichmässigkeit wird durch die isochronen Schwingungen des Pendels bewirkt. Allein man weiss, dass in der Praxis dieser gleichmässige Gang durch mehrere Nebenumstände gestört wird, man weiss, dass diese Störungen vor allem durch die Aenderung der Pendellänge in Folge der Temperaturveränderung, dann aber auch durch Verstauben der Räder u. dergl. herbeigeführt werden. Aus diesen Gründen hat man versucht den Isochronismus durch Anwendung des Elektromagnetismus in vollkommnerem Grade herzustellen. Die Aufgabe dieser Kraft ist also in dem vorliegenden Falle, die Ausschläge des Pendels durch eine durchaus constante Kraft zu bewirken, welche jedes Mal in demselben Augenblick und in derselben Weise eintritt.

Die folgende Beschreibung der Uhren dieser Art wird zeigen, in welchem Grade den Physikern die Lösung dieser Aufgabe gelungen ist.

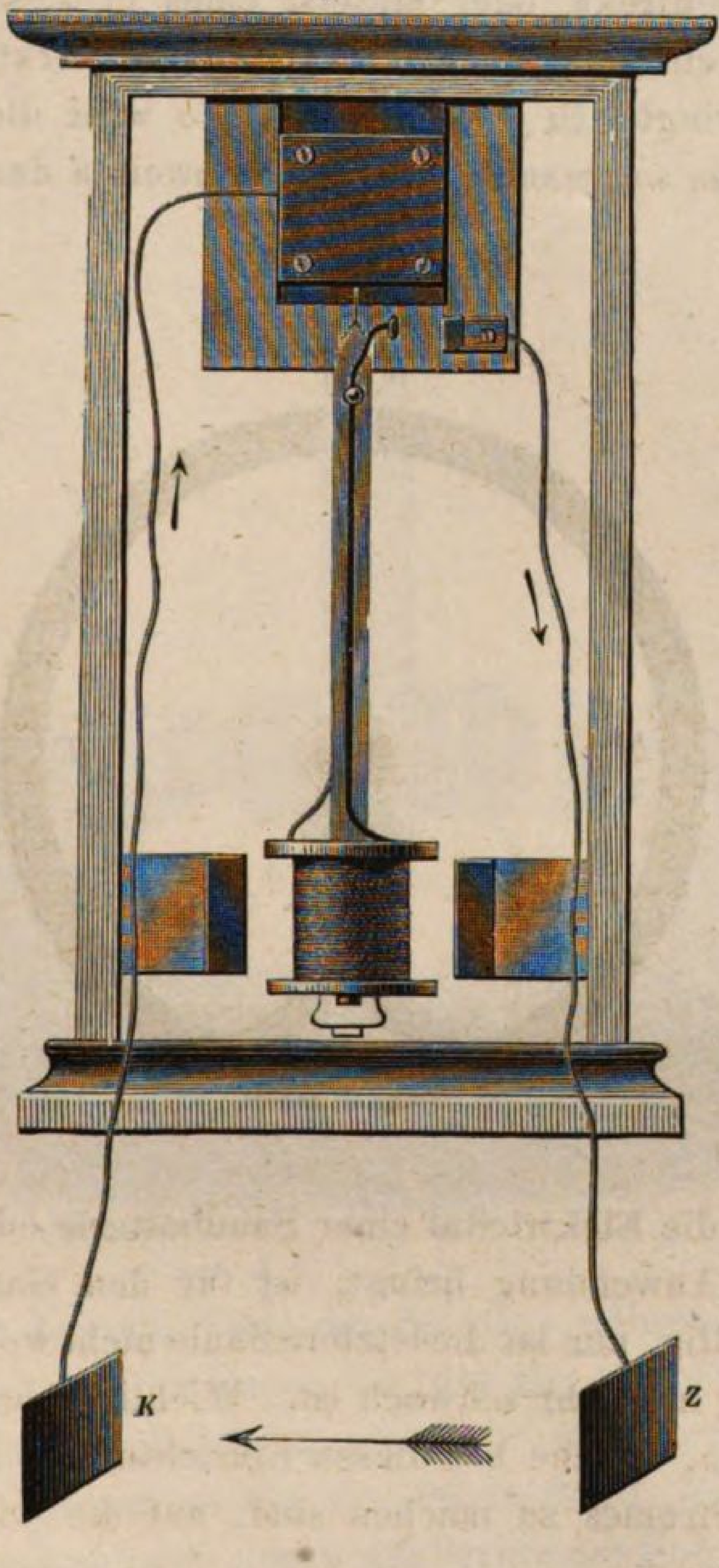
2. Uhr von Bain.[1]) Bain war der Erste, welcher den Elektromagnetismus als die bewegende Kraft einer Uhr anwandte. Die Fig. 369 stellt die von ihm getroffene Einrichtung dar.

An Stelle der Linse des Pendels befindet sich eine galvanische Spirale, in welcher mittelst der in der Zeichnung dargestellten Leitung

[1]) Mech. m. V. 35, p 139; Schellen, elektr. Tel., p. 374; Du Moncel, App. de l'El. II, p. 278.

ein Strom circulirt, wenn das oben an der Pendelstange durch eine Feder befestigte Platinknöpfchen beim Anschlage nach rechts die mit der Leitung fest verbundene Metallplatte berührt. Der genannten Spirale steht auf jeder Seite ein Stahlmagnet gegenüber, der eine mit dem

Fig. 369.



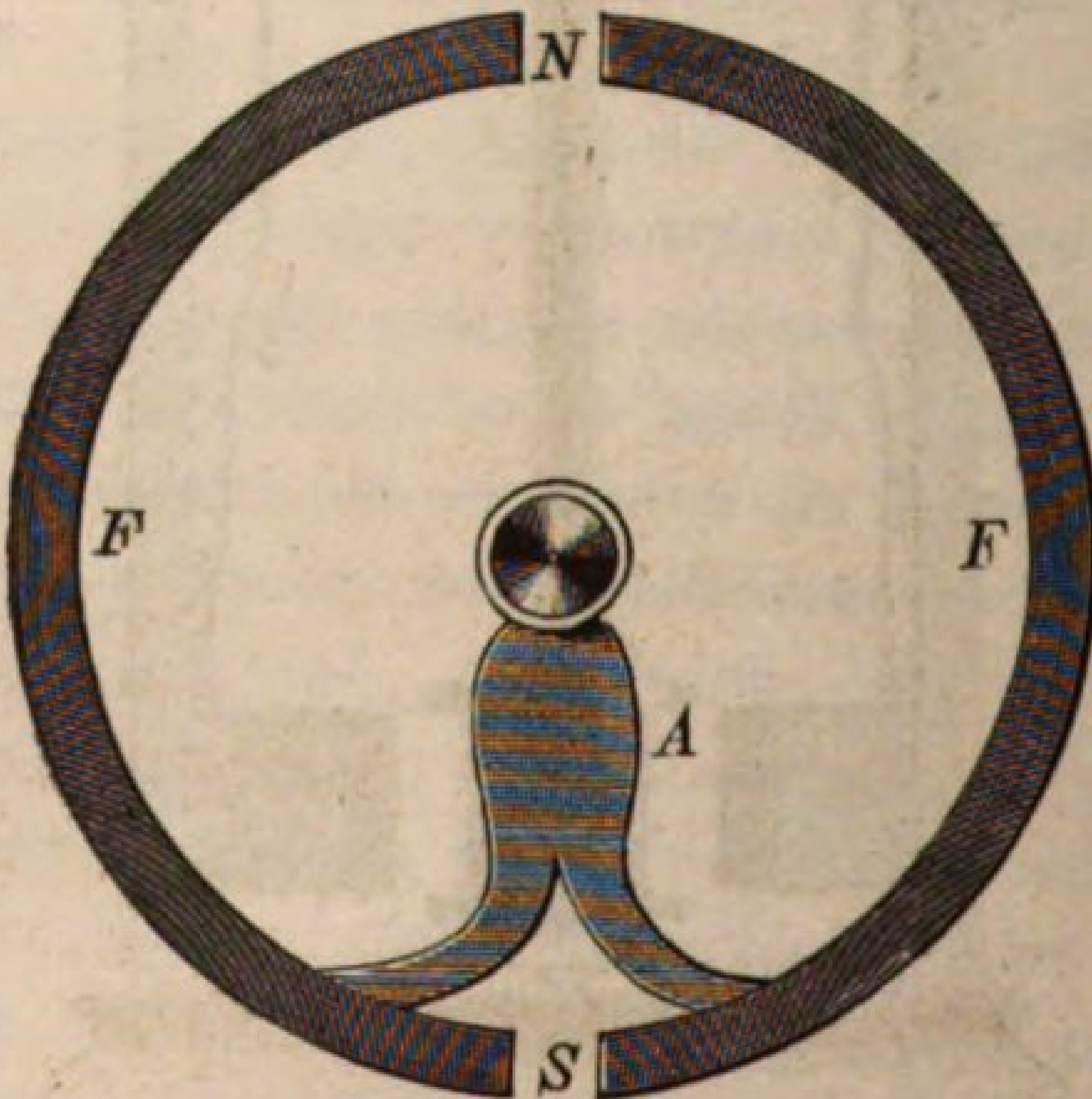
Nord-, der andere mit dem Südpol ihr zugekehrt. Wird nun durch die Seitenbewegung des Pendels der galvanische Strom geschlossen, so stösst der zunächst stehende Pol die Spirale ab und ertheilt ihr eine Bewegung nach der anderen Seite hin, welche durch die anziehende Wirkung des anderen Magneten noch verstärkt wird.

Der in der Leitung circulirende Strom wurde durch eine Erdbatterie hervorgerufen, die aus einer Kupfer- und einer Zinkplatte bestand.

46*

3. Uhren von Weare.[1]) Einige Zeit nach Bain construirte der Uhrmacher Weare in Birkenhead mehrere Uhren, die wohl in der Zusammenstellung, nicht aber in ihrer wesentlichen Einrichtung von den Bain'chen abweichen. Auch bei den Uhren von Weare wird der elektrische Strom in der Weise angewandt, dass eine galvanische Spirale entweder direkt, oder mittelst eines in dieselbe eingeführten Eisenkernes auf einen oder zwei Stahlmagnete wirkt und so die Bewegung hervorbringt. In dem ersten Falle wird die oscillirende Bewegung durch eine sogenannte Unruhe, im zweiten durch ein Pendel zu Wege gebracht.

Fig. 370.



Ob Weare die Elektricität einer Sandbatterie oder einer Zamboni-schen Säule in Anwendung bringt, ist für den Gang der Uhren im Ganzen gleichgültig, nur ist die letztere Säule nicht wohl anzuempfehlen, da ihre Wirkung nur sehr schwach ist. Wichtiger jedoch als dies sind die Ausstellungen, welche bei diesen Einrichtungen gegen die Art der Benutzung des Stromes zu machen sind, auf die wir später genauer eingehen werden.

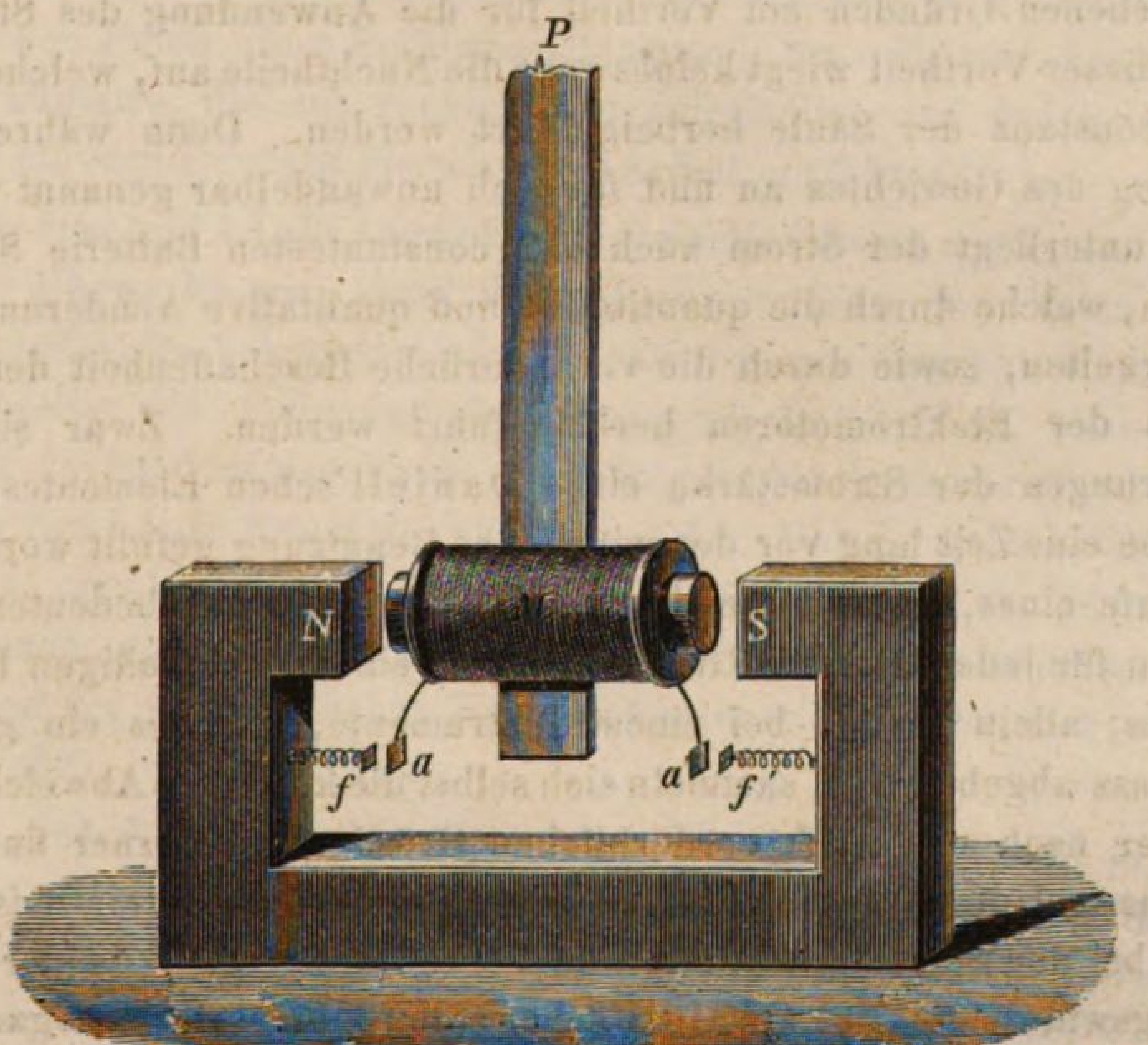
Die galvanische Spirale ohne den Eisenkern wendet Weare in der Weise an, dass er zwei Stahlmagnete *FF* durch den Halter *A* mit einander, wie in Fig. 370, verbindet, und nun bei *N* eine galvanische Spirale anbringt, welche den um seinen Mittelpunkt schwingenden Ring

[1]) Dingler's Journ. 108, p. 256.

bald nach der einen, bald nach der anderen Seite hin dreht, je nach der Richtung, in der sie vom Strome durchflossen wird.

Einen Elektromagneten wendet Weare in der Weise an, dass er denselben an Stelle der Linse an der Pendelstange befestigt und ihm die beiden Pole eines Stahlmagneten *N S* gegenüberstellt, welcher in der in Fig. 371 angegebenen Form gekrümmt ist. *M* ist der Elektromagnet, welcher an dem Pendel *P* befestigt ist. In den beiden Platten

Fig. 371.



a und *a'* endigt das eine Ende der Spirale, während das andere durch die Pendelstange und die Feder, an der sie aufgehängt ist, nach dem einen Pol der Säule geleitet ist. *f* und *f'* sind zwei Goldfedern, nach denen beiden der andere Pol der Säule führt. Sind nun die beiden Pole des Elektromagneten denen des Stahlmagneten entsprechend, d. h. hat der Elektromagnet auch auf derselben Seite den Nordpol, wo ihn der Stahlmagnet hat, so muss, wenn man das Pendel nach irgend einer Seite hin bis zur Berührung der Platten *a* oder *a'* mit den Federn *f* oder *f'* bringt, durch den nun entstehenden Strom eine Abstossung des Pendels stattfinden. So vertritt also der sich schliessende Strom die Stelle des Gewichtes oder der gespannten Feder.

4. Nachtheil dieser Einrichtungen. Betrachten wir nun, was in Bezug auf die Uhren überhaupt durch die bisher genannten Einrichtungen gewonnen wird. Das Gewicht oder die gespannte Feder der gewöhnlichen Uhren ist durch die Stromwirkung ersetzt worden. Das Gewicht wirkt mittelst einer über eine Welle laufenden Schnur oder Kette auf eine Axe, die vermöge eines Zahnrades das übrige Räderwerk in Bewegung setzt. Die Zahl der hierbei erforderlichen Räder lässt sich bei einer Bewegung des Pendels durch den galvanischen Strom vielleicht um eins verringern, und hierin läge aus den bereits besprochenen Gründen ein Vortheil für die Anwendung des Stromes; allein dieser Vortheil wiegt keineswegs die Nachtheile auf, welche durch die Inconstanz der Säule herbeigeführt werden. Denn während die Wirkung des Gewichtes an und für sich unwandelbar genannt werden muss, unterliegt der Strom auch der constantesten Batterie Schwankungen, welche durch die quantitative und qualitative Aenderung ihrer Flüssigkeiten, sowie durch die veränderliche Beschaffenheit der Oberflächen der Elektromotoren herbeigeführt werden. Zwar sind die Aenderungen der Stromstärke eines Daniell'schen Elementes, wenn dasselbe eine Zeit lang vor der wirklichen Benutzung gefüllt worden ist, im Laufe eines, ja selbst mehrerer Tage, ziemlich unbedeutend und könnten für jeden anderen Gebrauch kaum einen nachtheiligen Einfluss ausüben; allein gerade bei einem Instrumente, welches ein genaues Zeitmaass abgeben soll, sammeln sich selbst die kleinsten Abweichungen zu einer nach und nach verderblichen Grösse an. Ferner findet bei der Auswechslung des ausgedienten Elementes gegen ein frisch gefülltes bei der grössten Sorgfalt eine Veränderung statt, da der eigene Leitungswiderstand des Daniell'schen Elementes selbst, sogar unter Beibehaltung derselben Flüssigkeiten, der Kupfer- und Zinkplatten, von dem grösseren oder geringeren Grade der Porosität des Diaphragma's abhängt.

Man wird hiernach zugeben, dass eine auf lange Zeit gleichmässig gehende Uhr durch eine Einrichtung nicht wohl herzustellen ist, bei welcher der dem Pendel zu gebende Antrieb von der Kraft der galvanischen Säule direkt oder mittelst eines Elektromagneten abhängt. Immer wird mit der Aenderung dieser Kraft sich auch die Schwingung des Pendels und dadurch der Gang der Uhr ändern.

Der Ausschlag eines Pendels wird nur dann gleichmässig sein, wenn man im Stande ist, denselben von den Schwankungen der Stromstärke und der elektromagnetischen Wirkung unabhängig zu machen.

5. Uhr von Kramer. Nach der Mittheilung von Du Moncel[1]) ist Liais in Paris der Erste gewesen, welcher im Jahre 1851 eine Uhr construirte, die den oben genannten Anforderungen entspricht, wenngleich die ersten Versuche noch weit hinter den Vervollkommnungen zurück bleiben, welche Apparate dieser Art später durch Liais selbst, sowie durch Kramer, Houdin, Froment, Vérité, Garnier und Andere erhalten haben. „Um eine constante Bewegung des Pendels zu erhalten," sagt Du Moncel, „bediente sich Liais nicht, wie Bain, Weare und Andere, eines Elektromagneten, der an der Pendelstange zwischen den Polen eines Stahlmagneten oscillirte. Es war der Stoss einer Metallplatte, die zur rechten Zeit aufgehalten und frei gelassen durch ihr eigenes Gewicht die wichtige Arbeit ausführte."

Nach dem von Liais angegebenen Princip führten später mehrere Techniker Uhrwerke aus, unter denen Kramer einer der Ersten war. Dieser Erfinder des bekannten vorn beschriebenen Telegraphen, stellte fast gleichzeitig mit Liais eine elektromagnetische Uhr her, ohne von der bereits vorhandenen und von der seinigen durchaus verschiedenen Erfindung von Liais Kenntniss zu haben. Die Uhr Kramer's hat in ihrer Form nichts weiter mit der im Jahre 1853 von Du Moncel beschriebenen gemein, als dass sie ebenfalls den Ausschlag des Pendels von der veränderlichen Kraft des galvanischen Stromes unabhängig macht.

Ohne der durch Du Moncel Liais vindicirten Priorität dieses Gedankens Abbruch thun zu wollen, beschreibe ich hier die von Kramer construirte Uhr aus dem Grunde, weil sie nach meinem Urtheil den später in Frankreich verfertigten an Einfachheit theils voran, theils gleichsteht.

Das Wesen der Uhr Kramer's beruht darin,

1) dass ein Pendel nach einmal empfangenem Anstosse durch seine Schwingungen in gleichen Zeitmaassen eine galvanische Kette, ohne Reibung zu überwinden, öffnet und schliesst;

2) dass ein Elektromagnet den Bewegungsverlust in gleichem Zeitmaasse wieder ersetzt;

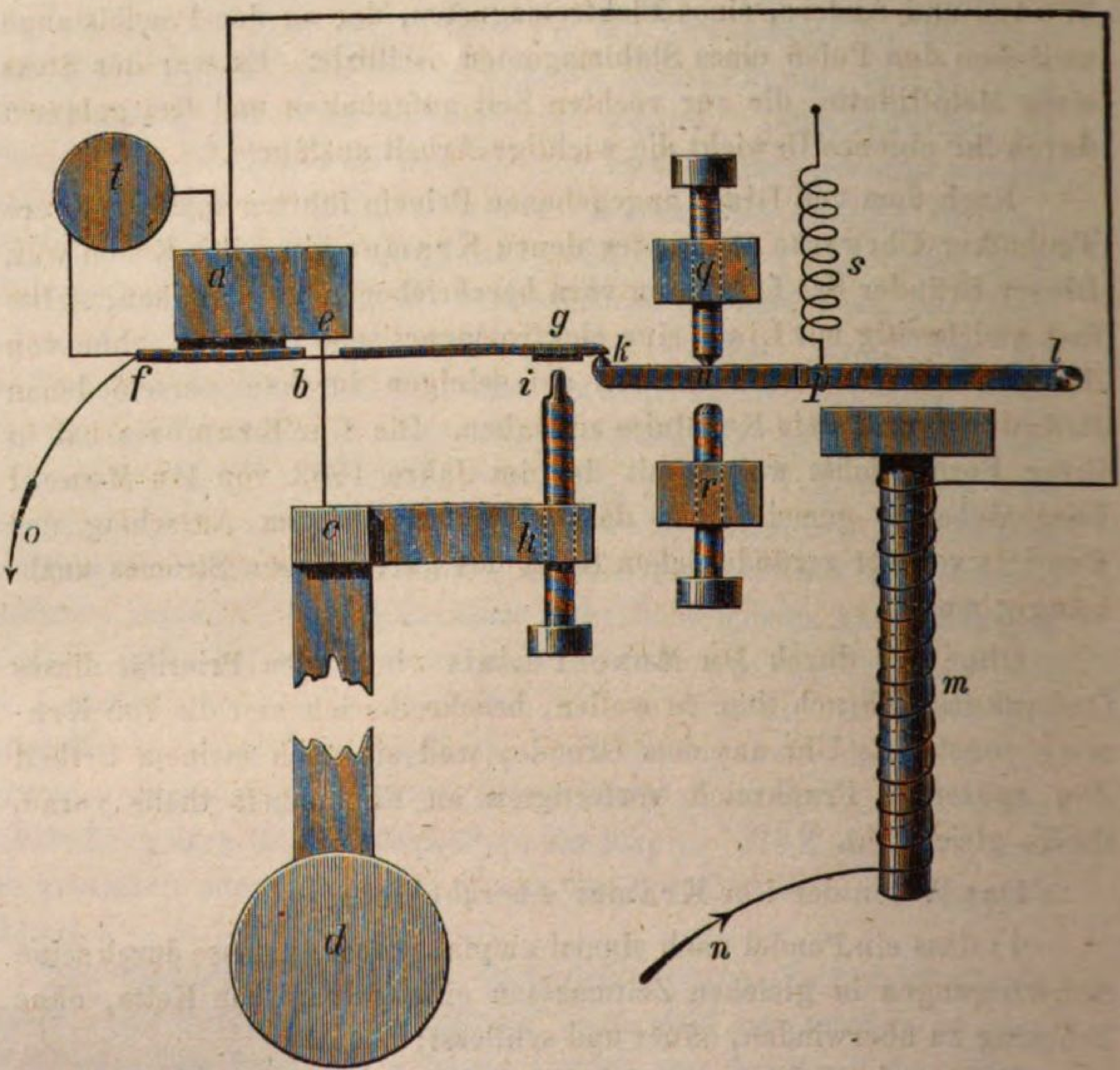
3) dass dieser Kraftverlust von der Stromstärke — wenn diese nicht unter ein gewisses Maass herabsinkt — völlig unabhängig ist;

4) dass endlich der Elektromagnet durch seine überschüssige Kraft gleichzeitig ein Zeigerwerk in Bewegung setzt.

[1]) Du Moncel, App. de l'El. II, p. 281.

Die gleichförmige Pendelbewegung wird am einfachsten durch die schematische Darstellung der Fig. 372 klar. An einem festen Messingkloben *a* hängt das Pendel *c d* mittelst einer Feder *e b c*. Diese Feder hat bei *b* eine Oeffnung, um eine andere, an *a* isolirt befestigte Feder frei hindurchzulassen. Diese Triebfeder *f g* ist so angebracht, dass bei ihrer auf- und abgehenden Bewegung ihr Bewegungsmittel-

Fig. 372.



punkt mit demjenigen des Pendels zusammenfällt. Die Pendelstange trägt bei *c* den Arm *c h* und dieser die Schraube *h i*. Die Feder *f g* hat in *k* eine Widerlage, auf die sie federnd aufdrückt. Denkt man sich nun das Pendel angestossen, so wird bei jeder Schwingung die Schraube *h i* die Triebfeder ein Wenig heben, und zwar wird dabei die Reibung unmerklich sein, weil die Mittelpunkte der Kreisbewegung des Pendels und der Triebfeder in *b* zusammenfallen.

Denkt man sich nun eine galvanische Leitung über *n* durch die Windungen des Elektromagneten *m* und dann nach *a* geführt und den anderen Pol der Säule mit *f* verbunden, so wird der Stromkreis geschlossen sein, wenn die Spitze der Schraube *i* die Feder in *g* berührt. Der Strom geht dann durch die Windungen des Magneten nach *a*, über *e*, *c*, *h*, *i*, *g* und *f* zur Säule zurück. Schwingt also das Pendel, so wird bei jeder Schwingung desselben nach rechts der galvanische Strom geschlossen, der Magnet *m* magnetisch gemacht und dadurch der Anker *l k* desselben, welcher mittelst der Spiralfeder *s* die Feder *f g* in der gezeichneten Stellung gehalten hatte, herabgezogen. Man sieht, dass diese Bewegung des Ankers erst möglich wird, nachdem die Schraube *h i* die Feder von ihm abgezogen hat, dass also die nachfolgende etwas schneller oder langsamer erfolgende Anziehung des Ankers, ganz ohne Einfluss auf die Pendelbewegung sein muss. Hierin beruht der Vortheil dieser elektromagnetischen Uhr vor anderen, auf deren Pendelbewegung die elektromagnetische Wirkung unmittelbar wirkt. Der Impuls, den nun das Pendel durch die Feder erhält, wird, wie man sieht, dadurch bewirkt, dass die Feder wegen der Senkung des Ankers *l k* beim Zurückkehren länger auf das Pendel drückt, als beim Hingange desselben von links nach rechts. Man erkennt leicht, dass es bei dieser Einrichtung gleichgültig ist, ob die Anziehungskraft des Magneten stark oder schwach ist, wenn sie nur so gross ist, dass sie überhaupt den Anker herabholt.

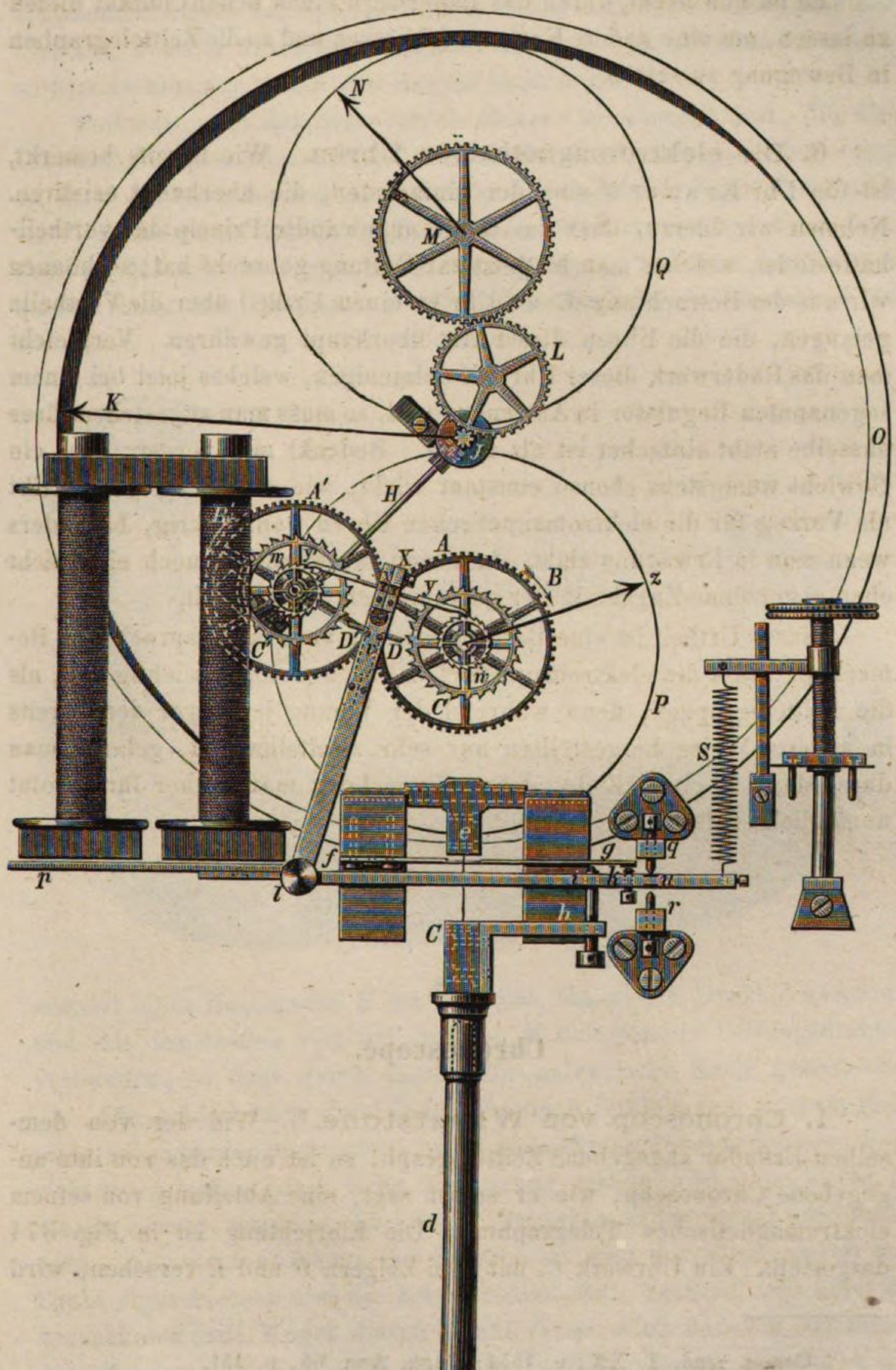
Der Unterbrechungsfunken an der Contaktstelle bei *i* bietet bei dieser Uhr, wie überhaupt bei elektromagnetischen Maschinen, eine grosse Schwierigkeit. „Obwohl der von mir angewandte Strom," sagt Kramer, „nur schwach war, so sah man doch, selbst bei Tageshelle, bei jeder Unterbrechung einen Funken, und durch die unausgesetzte Wiederholung nach Ablauf von je zwei Sekunden summirte sich die in diesem Falle immer eintretende Wirkung (nämlich dass Platintheile von der Spitze *i* abgeschmolzen und in der Richtung des positiven Stromes nach *g* übergeführt wurden) dergestalt, dass schon nach 8 bis 10 Tagen, also nach 400,000 Unterbrechungen, eine Veränderung der Berührungsstelle bemerklich war. — Um bei gewissen physikalischen Instrumenten den Unterbrechungsfunken zu mildern, hat Fizeau zwei Punkte der Leitung, zwischen welchen und in deren Nähe die Unterbrechungsstelle liegt, beziehungsweise mit zwei einander sehr nahestehenden, möglichst grossen Condensatorplatten verbunden, und auf diese Weise den Extrastrom zur Ladung derselben (nach Art einer Leydener Flasche) verbraucht. Dieses Mittel wäre hier auch

anwendbar gewesen, allein da es in dem vorliegenden Falle gar nicht nöthig war, eine totale Unterbrechung des Stromes zu erzielen, so fand ich ein anderes Gegenmittel, bei welchem die metallische Verbindung niemals aufgegeben wird, hier wirksamer und einfacher. Ich führte von den Punkten *f* und *a* (zwischen welchen die Unterbrechungsstelle *g i* liegt) zwei Drähte — nicht an zwei Condensatorplatten — sondern an die beiden Enden einer Neusilberdrahtrolle *t*, deren Leitungswiderstand (reducirte Länge) ungefähr zehn Mal so gross ist, als derjenige der Umwindungen des Magneten *m*. Die Wirkung war so augenfällig, dass nunmehr erst bei beträchtlicher Dunkelheit und mit der Loupe ein Lichtschein an der Unterbrechungsstelle zu erkennen, und selbst nach sechs Monaten kaum eine Veränderung bemerklich war. Die Anbringung dieses Nebenweges *a t f* halte ich für alle galvanische Uhren überhaupt für eine Sache von höchster Bedeutung, da eine solche Uhr nur dann erst einen jahrelang ungestörten Gang verheisst, wenn die Berührungsstelle möglichst unverändert bleibt, namentlich auch durch Verbrennungsprodukte zufällig dahin gerathener Staubtheilchen keine Verunreinigung entsteht, — wenn also der Unterbrechungsfunke so klein, als nur irgend möglich, gemacht wird."

Das Zeigerwerk wird nun durch denselben Elektromagneten, welcher die Feder tiefer sinken macht, in Bewegung gesetzt, und zwar geschieht dies mittelst des an der Ankeraxe *l* befestigten Armes *l X* Fig. 373, der sich bei der Bewegung des Ankers wie dieser ein wenig hin und her bewegt und mit den stählernen Stössern *Xy* und *Xy'* die beiden Sperrräder *w* und w_1 in Bewegung setzt. Auf der Axe des Rades *w* ist der Sekundenzeiger befestigt. Dieselbe Axe trägt noch ein leichtes Messingrad *A*, welches in ein gleiches *A'* auf der Axe w_1 eingreift, damit der Zeiger sowohl bei der Hin- als bei der Zurückbewegung des Sekundenpendels um einen Schritt fortschreite. In gleicher Weise haben beide Axen noch ein Sicherheitsrad *C* und *C'*, in deren Zähne die beiden Sicherheits-Arme *v D* und *v D'* eingreifen.

Durch die Axe *w* wird nun der Minutenzeiger in der Weise gedreht, dass eine schräg stehende Axe *H*, die in der Nähe der Axe w_1 ein kleines Rad trägt, in das eine an w_1 befestigte anderthalb mal gewundene Schraube ohne Ende eingreift, durch das Rad w_1 gedreht wird. Diese Axe treibt mittelst eines Triebes ein Kronrad *J*, dessen Axe zugleich die Axe des Minutenzeigers *K* ist. Sie trägt einen Trieb, der das Wechselrad *L* dreht. Dieses treibt endlich das Stundenrad *M* mit dem Stundenzeiger *MN*.

Fig. 373.



Die Kreise O, P und Q tragen auf der Kehrseite die Ziffern für die entsprechenden Zeiger.

Es ist nun leicht, durch das Räderwerk einen neuen Contakt bilden zu lassen, um eine andere Kette zu schliessen und so die Zeittelegraphen in Bewegung zu setzen.

6. **Die elektromagnetischen Uhren.** Wie bereits bemerkt, ist die Uhr Kramer's eine der einfachsten, die überhaupt existiren. Nehmen wir hierzu, dass das dabei angewandte Princip das vortheilhafteste ist, welches man bis jetzt zur Geltung gebracht hat; so können wir aus der Betrachtung dieser Uhr zu einem Urtheil über die Vortheile gelangen, die die Uhren dieser Art überhaupt gewähren. Vergleicht man das Räderwerk dieser Uhr mit demjenigen, welches jetzt bei einem sogenannten Regulator in Anwendung ist, so muss man zugestehen, dass dasselbe nicht einfacher ist als dieses. Bedenkt man ferner, dass ein Gewicht wenigstens ebenso constant wirkt, wie eine Feder, so bleibt als Vorzug für die elektromagnetischen Uhren wenig übrig, besonders wenn man in Erwägung zieht, dass man für dieselben noch eine nicht eben angenehme Zugabe in der galvanischen Säule erhält.

Dieses Urtheil ist eine Bestätigung der vorn ausgesprochenen Bemerkung, dass die elektromagnetischen Uhren weniger wichtig sind, als die Zeittelegraphen, denn während der Vorzug jener vor den bereits in anderer Weise hergestellten nur sehr zweifelhaft ist, gelangt man durch diese zu einem Ziele, dessen Erreichung man früher für absolut unmöglich erklärt hatte.

§ 3.

Chronoscope.

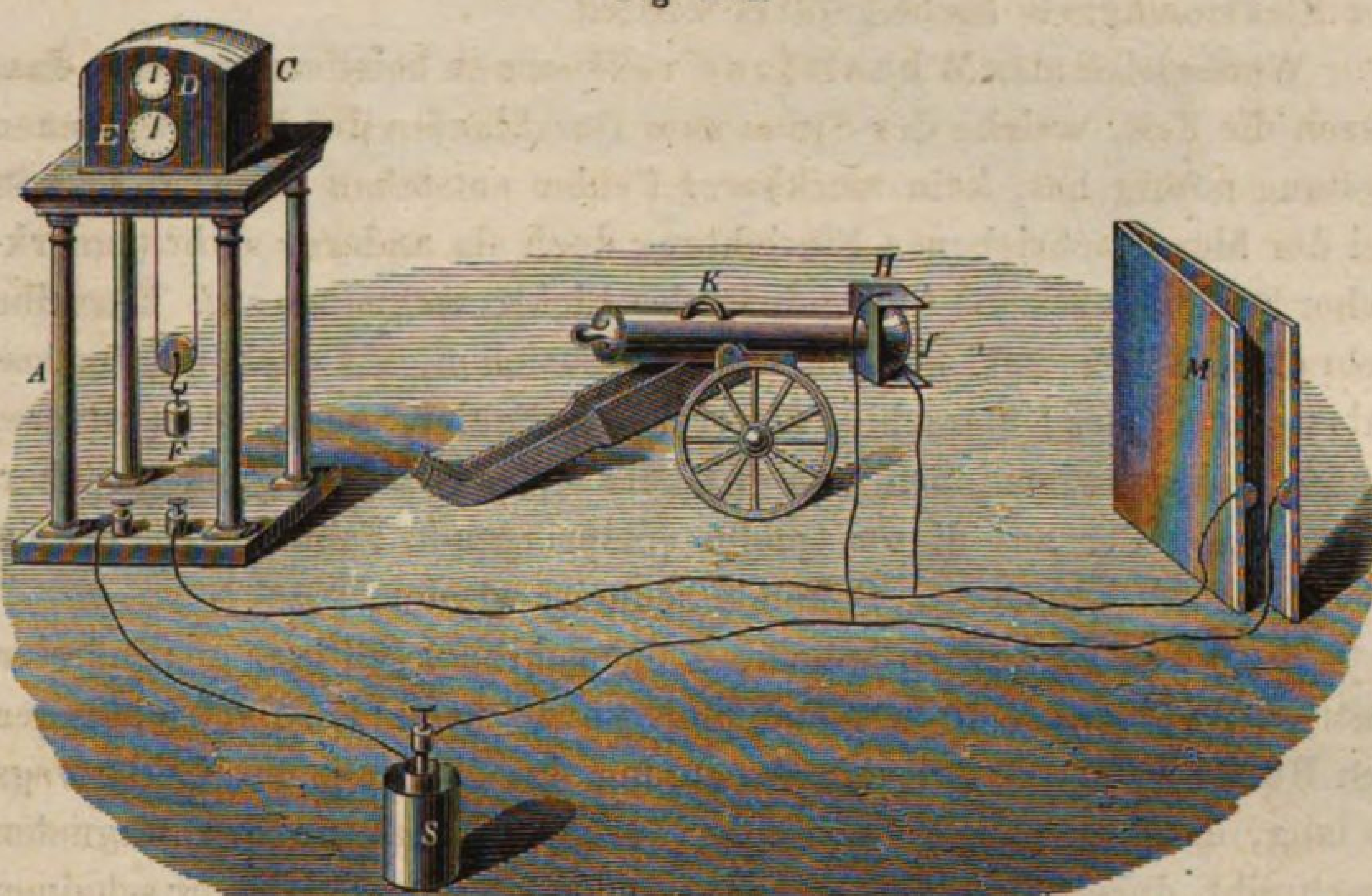
1. **Chronoscop von Wheatstone.**[1]) Wie der von demselben Erfinder angegebene Zeittelegraph, so ist auch das von ihm angegebene Chronoscop, wie er selbst sagt, eine Ableitung von seinem elektromagnetischen Telegraphen. Die Einrichtung ist in Fig. 374 dargestellt. Ein Uhrwerk C, mit zwei Zeigern D und E versehen, wird

[1]) Compt. rend. T. XX, p. 1554; Pogg. Ann. 65, p. 451.

durch ein Gewicht *F* in Bewegung gesetzt. Die Bewegung der Zeiger wird gehemmt durch einen in das Räderwerk eingreifenden Anker, den ein Elektromagnet anzieht, und zwar hält dieser Anker den Gang der Uhr auf, wenn er durch den Magneten angezogen ist und lässt denselben zu Stande kommen, wenn der Magnet nicht anzieht.

Soll nun, was der erste Zweck dieses Chronoscops war, die Geschwindigkeit gemessen werden, mit der eine Kanonenkugel sich bewegt, so wird die Stromleitung so gemacht, wie es in der Figur dargestellt ist. Von der Säule *S* geht ein Draht nach dem Chronoscop, der andere geht an der Kanone vorbei nach der Scheibe *M* und von dort wieder zurück nach dem Chronoscop. Von der Mündung der Kanone *K* ist

Fig. 374.



mittelst eines Holzrandes *H* um dieselbe, isolirt ein Draht *f* gespannt und mit den beiden von der Scheibe *M* kommenden Leitungsdrähten verbunden, so dass durch diesen der galvanische Kreis geschlossen ist. Die beiden nach dem Ziele führenden Drähte sind ursprünglich nicht mit einander verbunden, es ist vielmehr an der Scheibe eine Vorrichtung getroffen, dass diese Schliessung erst mittelst einer Feder zu Stande kommt, wenn das Ziel durch die ankommende Kugel erschüttert wird. Vor dem Abfeuern der Kanone ist also der Strom durch den Draht *f* geschlossen und die Zeiger stehen still. Zerreist nun aber die herauskommende Kugel diesen Draht *f*, so wird dadurch der Strom unterbrochen und erst wieder durch die Feder an der Scheibe *M* ge-

schlossen, wenn die ankommende Kugel dieselbe erschüttert. Die Zeiger des Uhrwerks sind also nur während der Zeit der Stromunterbrechung, d. h. während der Zeit, in welcher die Kugel ihren Weg zurücklegt, in Bewegung. —

Wir haben bereits vorn bei der Messung der Geschwindigkeit des elektrischen Stromes [1]) verschiedener Apparate erwähnt, welche sehr kurze Zeitabschnitte zu messen bestimmt waren, und wir müssen dieselben ebenfalls in die Kategorie der Chronoscope aufnehmen. Auch da war Wheatstone der Erste, welcher ein Instrument für die genannten Messungen construirte. Schon bei der Besprechung der dort erhaltenen Werthe ist, besonders bei den Untersuchungen von Gould, [2]) darauf aufmerksam gemacht, welche Hindernisse durch die Anwendung der Elektromagnete herbeigeführt werden.

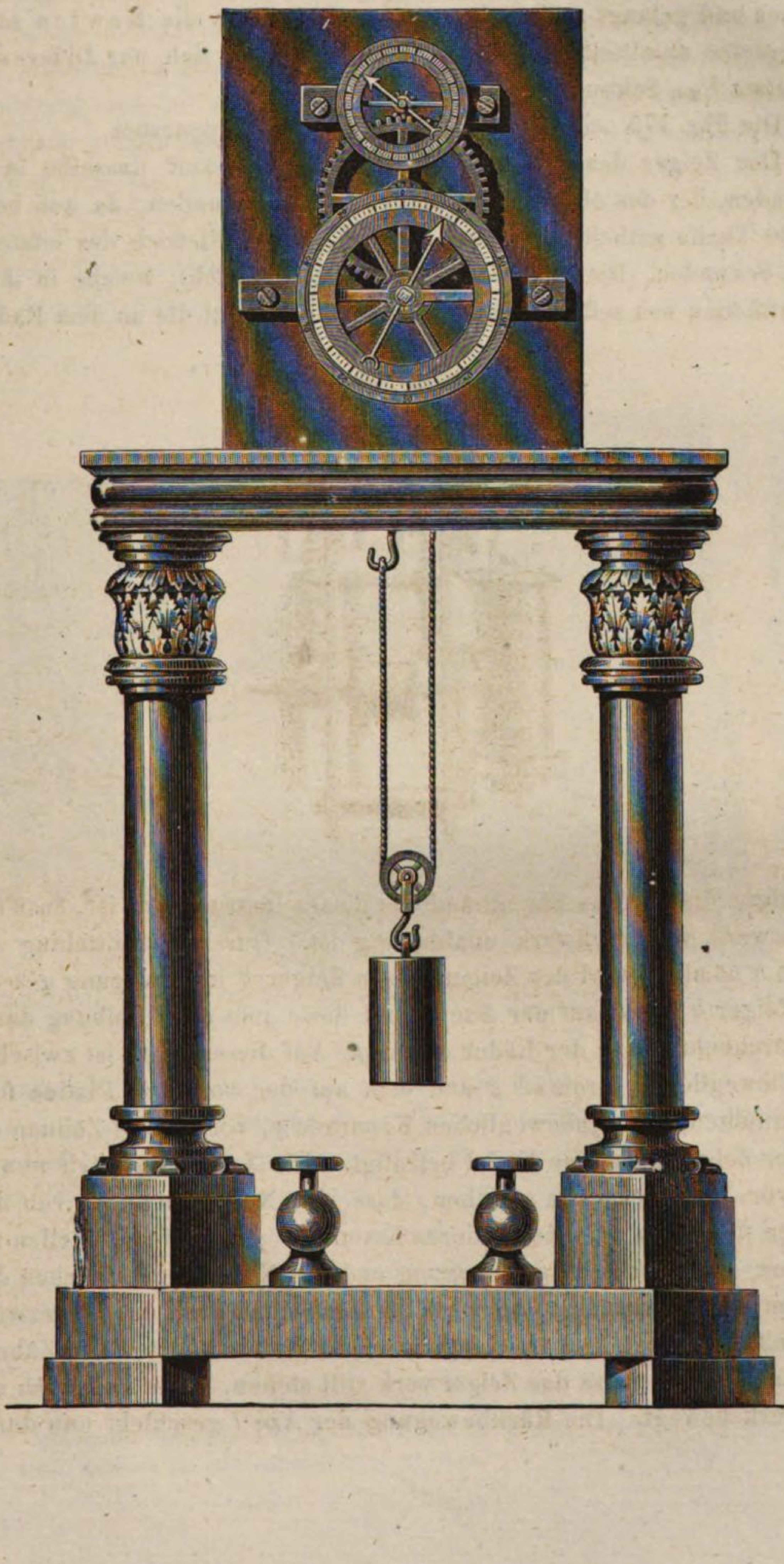
Wenngleich man Wheatstone vollkommen beistimmen muss, dass durch die Zeit, welche der Strom zum Durchlaufen der hier gegebenen Leitung nöthig hat, kein merkbarer Fehler entstehen kann; [3]) so tritt bei der hier beschriebenen Einrichtung doch ein anderer nicht unmerklicher Fehler durch die Anwendung des Elektromagneten auf. Derselbe gebraucht Zeit sowohl um den Anker anzuziehen, als auch um ihn loszulassen. [4]) „Der Unterschied dieser beiden Fehler,“ sagt Wheatstone, „machte Approximationen von $^1/_{500}$ bis $^1/_{1000}$ Sekunde ganz unsicher. Indess kann der aus dieser Quelle entspringende Fehler leicht bis auf weniger als $^1/_{60}$ oder $^1/_{100}$ Sekunde reducirt werden.

Nach den Versuchen jedoch, welche mit sorgfältiger gearbeiteten Instrumenten angestellt worden sind, sowie nach den Beobachtungen von Beetz, [5]) ist die Zeit zur Erzeugung des Magnetismus keineswegs so lang, dass so bedeutende Fehler, wie Wheatstone den Magneten zuschreibt, durch dieselben erzeugt werden könnten. Vielmehr scheinen die von dem englischen Physiker beobachteten Fehler in der mangelhaften Construction seines Apparates gelegen zu haben.

2. Chronoscop von Hipp. Die eben erwähnte Verbesserung des Wheatstone'schen Apparates in Bezug auf dessen mechanische Einrichtung wurde von dem Mechaniker Hipp in Reutlingen gemacht. [6]) Der von ihm gefertigte Apparat giebt nach den von Oelschläger damit angestellten Versuchen $^1/_{500}$ Sekunde an. [7]) Dieser Physiker

[1]) Abschn. IV, §§ 1—8. [2]) Abschn. IV, § 6. [3]) Pogg. Ann. 65, p. 453. [4]) Dub, Elektrom. Abschn. X. [5]) Pogg. Ann. 105, p. 497; Dub, Elektrom. p. 497. [6]) Dingler's Journ. 114, p. 255. [7]) Pogg. Ann. 74, p. 589.

Fig. 375.

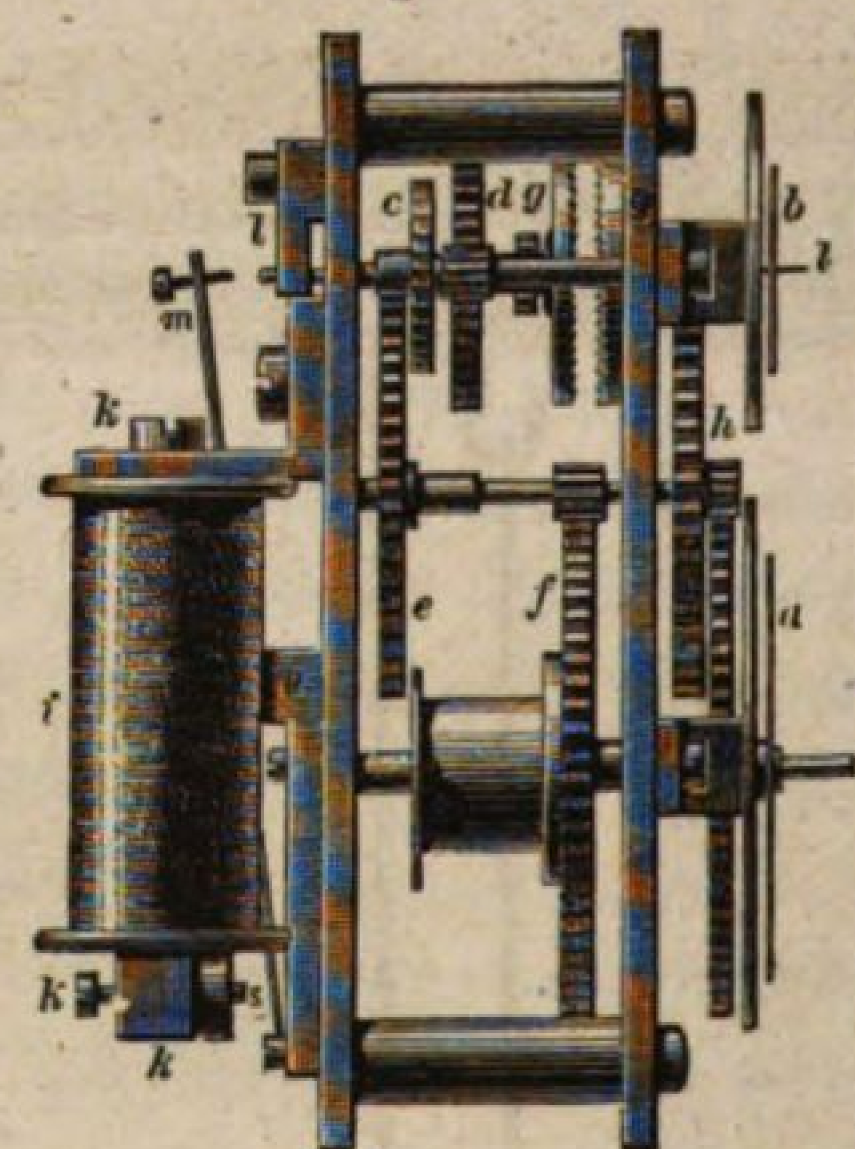


bestimmt nämlich mit dem Chronoscop die Geschwindigkeit fallender Körper und gelangt zu Resultaten, aus denen sich die Newton'schen Fallgesetze unmittelbar ableiten lassen, so dass sich nur Differenzen von etwa $^1/_{300}$ Sekunden ergeben.

Die Fig. 375 zeigt die vordere Ansicht des Apparates.

Der Zeiger des unteren Zifferblattes durchläuft dasselbe in 10 Sekunden, der des oberen Zifferblattes in $^1/_{10}$ Sekunden, da nun beide in 100 Theile getheilt sind, so entspricht ein Theilstrich des letzteren $^1/_{1000}$ Sekunden. Die Fig. 376 giebt die Seitenansicht, welche in ihren Haupttheilen von selbst klar ist; das Gewicht dreht die an dem Rade *f*

Fig. 376.



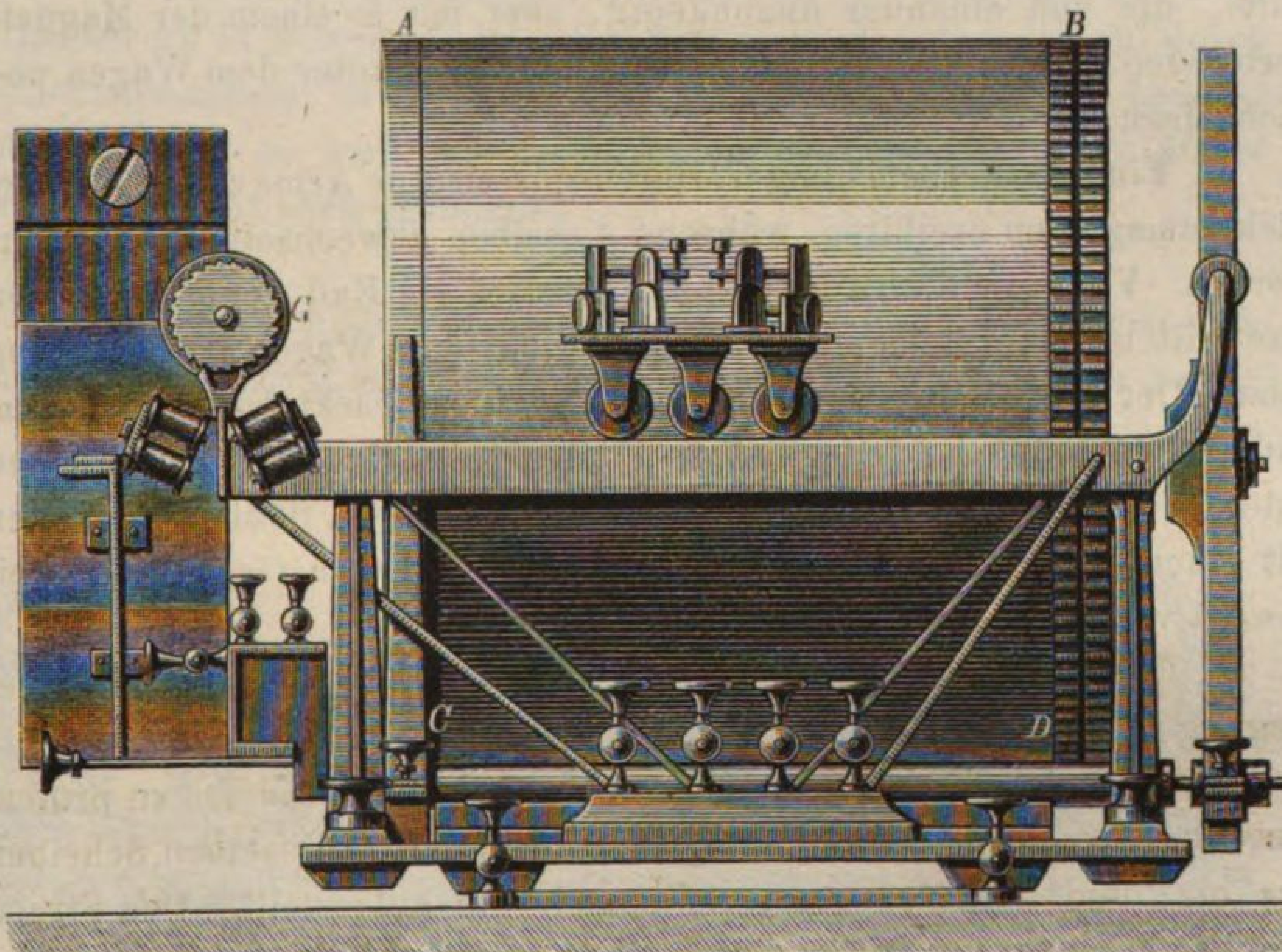
befestigte Welle. Das Eigenthümliche dieses Instrumentes ist, dass das Zeigerwerk vom Gehwerk unabhängig ist. Durch Vermittelung des Rades *h* nämlich wird der Zeiger *a* vom Zeiger *b* in Bewegung gesetzt. Der Zeiger *b* steckt auf der Axe *l*, und diese geht ohne Reibung durch die durchbohrte Axe der Räder *d* und *g*. Auf dieser Axe *l* ist zwischen dem beweglichen Kronrad *g* und dem auf der vorderen Platine festgeschraubten, also unbeweglichen Kronrade *q*, von je 100 Zähnen ein zweiter Zeiger oder eine Nadel befestigt. Die Axe *l* lässt sich nun so weit vor- und rückwärts schieben, dass jene Nadel entweder von den Zähnen des einen oder des anderen Kronrades gefasst wird. Stellen wir uns vor, das Werk sei in Bewegung und die Nadel liege zwischen den Zähnen des Kronrades *g*, so wird die Nadel und auch das Zeigerwerk sich mit demselben drehen. Liegt aber die Nadel zwischen den Zähnen des Rades *q*, so muss das Zeigerwerk still stehen, wenn sich auch das Gehwerk bewegt. Die Rückbewegung der Axe *l* geschieht nun durch

eine Feder, die Vorbewegung dagegen durch den Anker *m* des Elektromagneten. Wird dieser bei *s* angezogen, so schiebt er die Axe *l* bis zum Kronrade *q* vor, und das Zeigerwerk ist angehalten. Hört die Anziehung auf, so wird die Nadel durch die Feder wieder bis zum Kronrade *g* zurückgeschoben und so dass Zeigerwerk wieder in Bewegung gesetzt.

3. Chronoscop von Bréguet und Konstantinoff.[1])

Der Apparat dieser Erfinder weicht von dem bisher besprochenen in

Fig. 377.



manchen Punkten ab; auch ist sein Zweck, nicht allein den Anfang und das Ende einer Erscheinung zu bestimmen, sondern auch Zeitpunkte im Verlauf derselben festzustellen, also z. B. anzuzeigen, wann ein Geschoss an bestimmten Punkten gewesen sei.

Die Einrichtung dieses Instruments ist nach Bréguet's Darstellung folgende. Dasselbe (Fig. 377) ruht auf einem gusseisernen Gestell und besteht aus sechs Theilen:

1. Ein System von gezahnten Rädern, beweglich durch eine Schnur,

[1]) Compt. rend. T. XX, d. 157; Pogg. Ann. 64, p. 459.

die um einen Cylinder läuft, und an welcher das bewegende Gewicht hängt. *B D* ist das an dem Cylinder befestigte Zahnrad.

2. Einem kupfernen Cylinder *A B C D* von 1 Meter Umfang und 0^m, 36 Länge, der auf seiner Oberfläche in Milimeter getheilt ist und von dem Räderwerk in Rotation versetzt wird.

3. Einem kleinen Schienenweg, parallel der Axe des Cylinders, dessen beide Metallschienen durch Elfenbein von einander getrennt sind. Die Figur zeigt hier nur die vordere dieser Schienen in der Mitte der Höhe des Cylinders.

4. Einem kleinen Wagen mit drei kupfernen Rädern, die auf den Schienen laufen. Dieser Wagen trägt drei Elektromagnete und zwei Stifte, die von einander unabhängig, aber mit je einem der Magnete verbunden sind. Der dritte Magnet befindet sich unter dem Wagen und dient dazu ihn festzuhalten, bis er gehen soll.

5. Einer Ankerhemmung *G*, deren gusseiserne Arme zwischen zwei Elektromagneten oscilliren, während dieselben abwechselnd magnetisirt werden. Vermöge dieses Echappements wird ein Rad geregelt, dessen Axe mittelst eines Seidenfadens mit Gewicht den Wagen in Bewegung setzt. Der Uebergang des Stromes von einem Elektromagneten zum anderen geschieht bei jeder halben Drehung des Cylinders durch einen unter dessen Axe gestellten Commutator, wodurch denn der Wagen mit einer der Drehung des Cylinders proportionalen Geschwindigkeit bewegt wird.

6. Einer besonderen Vorrichtung, um die Gleichförmigkeit der Bewegung herzustellen.

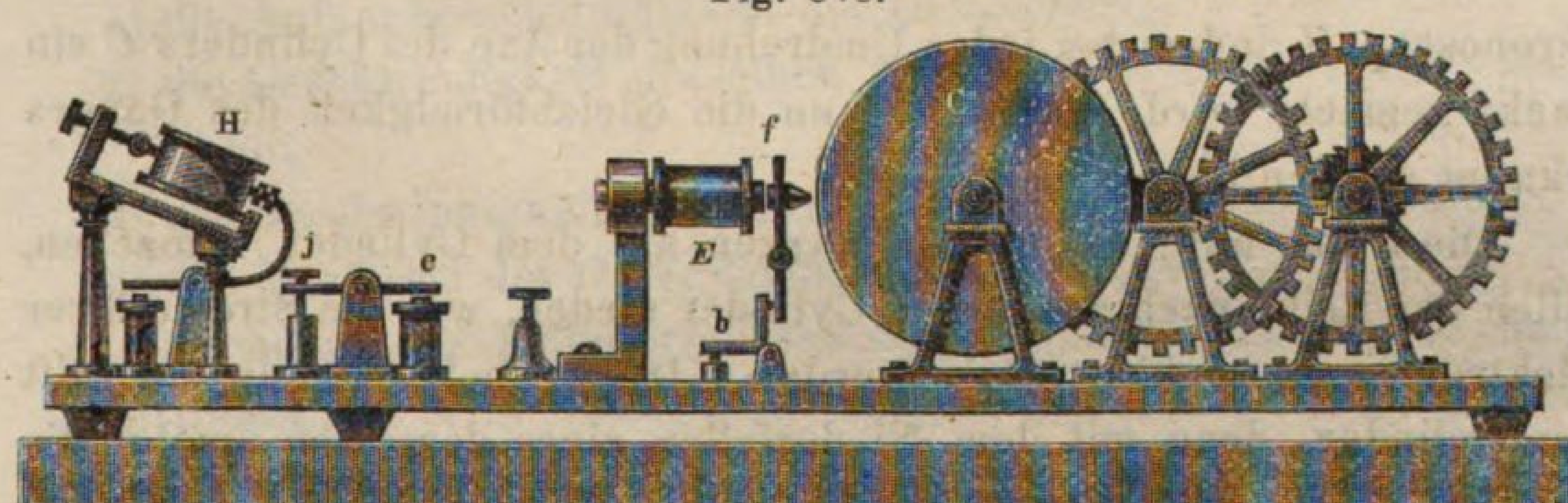
Um mittelst dieses Apparates den Lauf eines Geschosses zu prüfen, wurden in bestimmten Entfernungen auf dem Wege desselben Scheiben aus hin- und hergespanntem Leitungsdrahte aufgestellt. Der Strom, welcher in einem der Gitter und zugleich um den Elektromagneten eines der Stifte auf dem durch den Seidenfaden gezogenen Wagen geht, hält durch die Magnetisirung diesen Stift entfernt vom Cylinder, und lässt ihn auf denselben niederfallen, sobald das Gitter durchschossen ist, worauf dann der Stift auf dem rotirenden Cylinder einen Strich zieht. Das Geschoss, seine Bahn verfolgend, durchfliegt darauf das zweite Gitter, welches, da es mit dem zweiten Stifte in Verbindung steht, nun diesen ebenfalls fallen und auf dem Cylinder einen Strich ziehen lässt. Aus dem Abstande zwischen beiden Strichen und der bekannten Umdrehungsgeschwindigkeit des Cylinders lässt sich dann die Geschwindigkeit berechnen, mit der sich das Geschoss von einem Gitter zum anderen bewegt hat.

Nach dieser Darstellung müsste nun für jedes Gitter ein besonderer Strom und Stift in Anwendung gebracht werden; allein durch eine Art von Relais, deren immer eins zwischen je zwei Gitter gestellt wird, bewirkt Bréguet, dass, wenn das zweite Gitter durchschossen ist, der Strom in dem dritten geschlossen wird, und der erste Stift sich wieder hebt. Ist das dritte durchschossen, so durchläuft der Strom das vierte Gitter, der erste Stift fällt, und der zweite hebt sich wieder. Dieser Vorgang wiederholt sich bis zum letzten Gitter.

Man sieht, dass bei diesem Chronoscope stets 6 Elektromagnete in Thätigkeit sind, fünf an dem Apparate selbst, und der sechste an dem zwischen je zwei Gittern aufgestellten Relais, an welchem ebenfalls noch ein Räderwerk in Bewegung ist. Bedenkt man nun, dass sowohl durch die Elektromagnete, wie durch die Räderwerke Störungen bewirkt werden müssen, so wird das Vertrauen zu der Zuverlässigkeit dieser Vorrichtung nicht eben gesteigert.

4. Chronograph von Martin de Brettes.[1]) Der soeben beschriebene Apparat ist in einfacherer Weise von de Brettes herge-

Fig. 378.



stellt. An der Stelle des obengenannten Wagens mit dem Schienenwege, des Pendels und der Vorrichtungen zur Schliessung des Stromes, ist hier eine Reihe von Stiften parallel der Axe des rotirenden Cylinders angebracht, welche durch Elektromagnete bewegt werden. Die Elektromagnete haben überdies noch den Zweck, die Stromverbindung unter einander zu ordnen. Ausserdem wendet de Brettes noch ein ergänzendes Punktir-Chronoscop an, welches die Zeit zwischen dem Fall der verschiedenen Stifte und ausserdem angiebt, ob der Apparat die erwünschte Regelmässigkeit des Ganges erreicht habe.

[1]) Du Moncel, App. de l'El. II, p. 354.

Die Fig. 378 stellt die Einrichtung dieses Chronographen dar.

C ist der rotirende Cylinder, der auf seiner Oberfläche in 1000^{mm} getheilt ist und durch ein Uhrwerk bewegt wird. Eine Stromverbindung wird mittelst der Axe des ersten Rades, und eine Unterbrechung durch die Axe des Cylinders *C* bewirkt. *f* zeigt einen der Stifte, deren mehrere hinter einander sich befinden, und die durch Elektromagnete *E* bewegt werden. Unter den Stiften befinden sich Winkelhebel *b*, welche durch jene von rechts nach links gestossen werden, wenn sie gegen den Cylinder fallen. Ihr horizontaler Arm schliesst alsdann eine Stromleitung und bewirkt dadurch die Erhebung des folgenden Stiftes.

Der Punktir-Zähler befindet sich in *H* und wird influirt durch einen Elektromagneten, dessen Spirale aus zwei Drähten besteht. Vor diesem Zähler befinden sich andere kleine Elektromagnete *e*, *e'* etc., welche auf kleine zweiarmige Hebel *j*, *j'* etc. wirken, die mit gabelförmigen Armen Metallplatten berühren. Die kleinen Elektromagnete sind wie der des Zählers von doppelten Spiralen umschlossen, welche von ausgeglichenen Strömen durchflossen werden, so dass also ausser der Hauptsäule noch eine zweite einen Strom um diese Magnete in entgegengesetzter Richtung sendet.

Beim Beginn des Experiments wirkt der Verbinder auf das Punktirchronoscop *H*, indem bei jeder Umdrehung der Axe des Cylinders *C* ein Punkt gemacht wird, wodurch dann die Gleichförmigkeit des Ganges erkannt werden kann.

Die Stifte nun, welche die Marken auf dem Cylinder *C* machen, fallen der Reihe nach auf diesen Cylinder nieder, wie die Ströme ihrer Elektromagnete unterbrochen werden. Immer berührt nur ein Stift den Cylinder, denn mit dem Niederfallen eines derselben erfolgt die Erhebung des vorhergehenden. Während der Strom durch die Elektromagnete *E*, *E'* etc. geht, durchfliesst er auch die Spiralen der Elektromagnete *e*, *e'* etc. und macht diese unthätig, indem er den von der andern Säule kommenden Strom um dieselben neutralisirt; seine Unterbrechung ruft daher die Wirkung dieser hervor und setzt somit den Punktir-Chronographen in Bewegung, welcher einen Punkt auf seinem Zifferblatte in derselben Zeit macht, wo der entsprechende Stift auf den Cylinder fällt. Der zwischen zwei solchen Punkten vorhandene Kreisbogen bezeichnet also die Zeit zwischen zwei fallenden Stiften und dient daher mit zur Controlle der Zeichen auf dem Cylinder *C*.

Diese Zeichen, die aus einer Reihe von Kreisbogen bestehen, welche die neben einander befindlichen Stifte nach einander machen, können in zweifacher Art benutzt werden. Man kann nämlich entweder die

Länge der Kreisbogen der einzelnen Stifte, oder den Unterschied zwischen dem Aufhören des einen und dem Anfangen des folgenden betrachten. Dieser letztgenannte Unterschied giebt die Grösse des Fehlers an, der durch die Coercitivkraft der Elektromagnete und durch die Zeit des Falles der Stifte bewirkt wird.

Um nun für diesen Fehler eine Correktion zu haben, benutzt de Brettes den an dem Rade angebrachten Unterbrecher, der in einer Metallscheibe besteht, auf der eine Feder schleift. Die leitende Berührung zwischen dieser Scheibe und der Feder wird auf einem kurzen Kreisausschnitte durch Einlegung einer isolirenden Substanz unterbrochen, und an diesem Punkte fällt der Stift und erhebt sich wieder, wenn die Unterbrechung vorüber ist. Da nun der Theilstrich auf dem Cylinder bestimmt ist, bei welchem die Stromunterbrechung anfängt, so muss die Differenz zwischen diesem Theilstriche und dem, wo der Strich des Stiftes anfängt, den genannten Fehler angeben.

Hiernach hat de Brettes eine Tabelle für verschiedene Umdrehungszeiten des Cylinders in Bezug auf eine bestimmte Stromstärke angefertigt, so dass man für jeden einzelnen Fall die Grösse des Fehlers bestimmen und die Correction anbringen kann.

So bestimmt dann de Brettes mit seinem Apparate:

1) die Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses,
2) die Geschwindigkeit desselben in irgend welchem Punkte seiner Bahn,
3) die Geschwindigkeit an verschiedenen Punkten nach einander,
4) das Maximum der Geschwindigkeit der Kugel.

Nachdem der Erfinder diesen Apparat noch mannigfach umgeändert hatte, ist er in neuester Zeit von der Construction seiner Chronographen mittelst Elektromagnete ganz abgegangen und hat einen Chronographen mit conischem Pendel construirt, welcher auf einem Inductionsstrome beruht. Da ein solcher Apparat ausser dem Bereiche dieser Mittheilungen liegt, so begnügen wir uns damit, kurz das dabei befolgte Princip anzugeben.

De Brettes neuester Chronograph beruht auf demselben Princip, wie der früher von W. Siemens [1]) vorgeschlagene. Ein Papier wird um einen Cylinder gewickelt und fest auf denselben angedrückt. Eine Platinspitze läuft vermöge eines Uhrwerks um den Umfang des Cylinders. Der Gang des Uhrwerks wird durch ein conisches Pendel regulirt,

[1]) Pogg. Ann. 66 p. 435.

so dass die Spitze mit gleichförmiger Geschwindigkeit ihren Lauf um den Cylinder in einer Sekunde vollendet.

Durch den Anstoss, dessen Zeitmoment notirt werden soll, z. B. durch das Einschlagen einer Kugel an einer bestimmten Stelle, wird die Drahtleitung eines inducirenden Stromes unterbrochen, während die Platinspitze und der Cylinder die Ecken einer secundären Leitung bilden. Es springt also ein Funken über, welcher durch das Papier geht. Durch eine folgende Funkenspur wird ein zweiter Anstoss markirt und durch den Winkelabstand beider Papierdurchbohrungen die Zeit gemessen, welche zwischen beiden Notirungen verflossen ist.

Die Unterschiede zwischen diesem und dem früher von Siemens angegebenen Apparate sind nicht wesentlich. So sollte nach Siemens Vorschlag der Cylinder rotiren und der Stift feststehen. Der Funken sollte durch eine Leydener Flasche hervorgerufen werden, doch fügte Siemens schon damals hinzu, dass er ebenso gut durch einen Inductionsstrom bewirkt werden könne, was allerdings nahe liegt.

5. Chronoscop von Gloesener. [1]) In neuster Zeit (1860) hat Prof. Gloesener in Lüttich ein Chronoscop construirt, welches sich auf die Ablenkung der Magnetnadel durch ein Multiplicatorgewinde gründet. Aus der perspektivischen Zeichnung desselben in Fig. 379 erkennt man die Art, in welcher die Multiplicatoren wirken.

Die Multiplicatoren M und N haben gerade Stahlmagnete, an deren einem Ende sich rechtwinklig angesetzte Spitzen p befinden. Diese Stahlmagnete tragen ferner in ihrer Mitte, oder an ihrer Axe senkrecht hervorstehende Metallstäbe N_1, auf denen Kugeln befestigt sind. Durch diese Kugeln werden die im Gleichgewicht auf ihrer Axe befestigten Magnete gedreht, sobald der sie sonst richtende Strom unterbrochen wird. Alsdann schlagen die Stifte gegen die rotirenden Cylinder A und C und markiren so einen bestimmten Zeitpunkt. Wie also bei dem Apparat von de Brettes die Stifte durch Elektromagnete, so werden hier die geraden Stahlmagnete mit ihren Stiften durch die vom Strome durchflossenen Drahtgewinde gehalten.

Die Zahnräder R_1 R_2 R_3 mit dem Windfange v, und dem Centrifugal-Regulator M_2 dienen zur Regulirung der Rotation der Cylinder A und C, welche durch ein Gewicht an dem Seile P bewirkt wird.

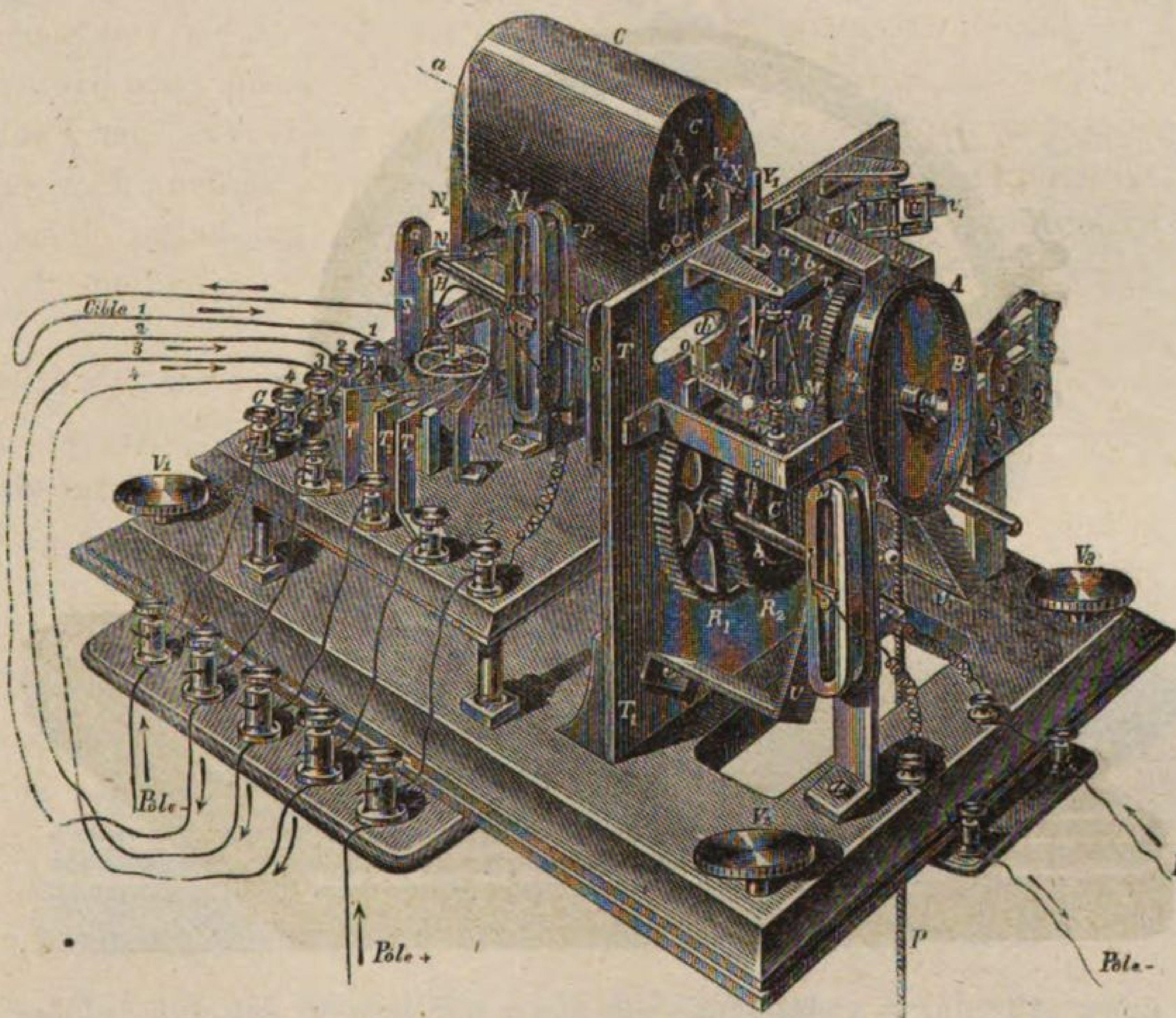
Die rechtwinkligen Lamellen T, T_1, T_2, K dienen zur Leitung des Stromes von den einzelnen Scheiben her. Durch sie wird das Zeichen

[1]) Gloesener, App. de l'El. I, p. 375.

von diesen Scheiben, sobald das hindurchgehende Geschoss den Strom unterbricht, vermittelt, indem dann der bis dahin das Multiplicatorgewinde durchfliessende Strom aufhört und den Magneten mit seinem Stift gegen den rotirenden Cylinder fallen lässt.

Während der Rotation des Cylinders *C* macht der Cylinder *A* langsame Umdrehungen. Auf ihm wird mittelst des Multiplicators *M* die Zahl der Umdrehungen des anderen Cylinders *C* verzeichnet. Die

Fig. 379.



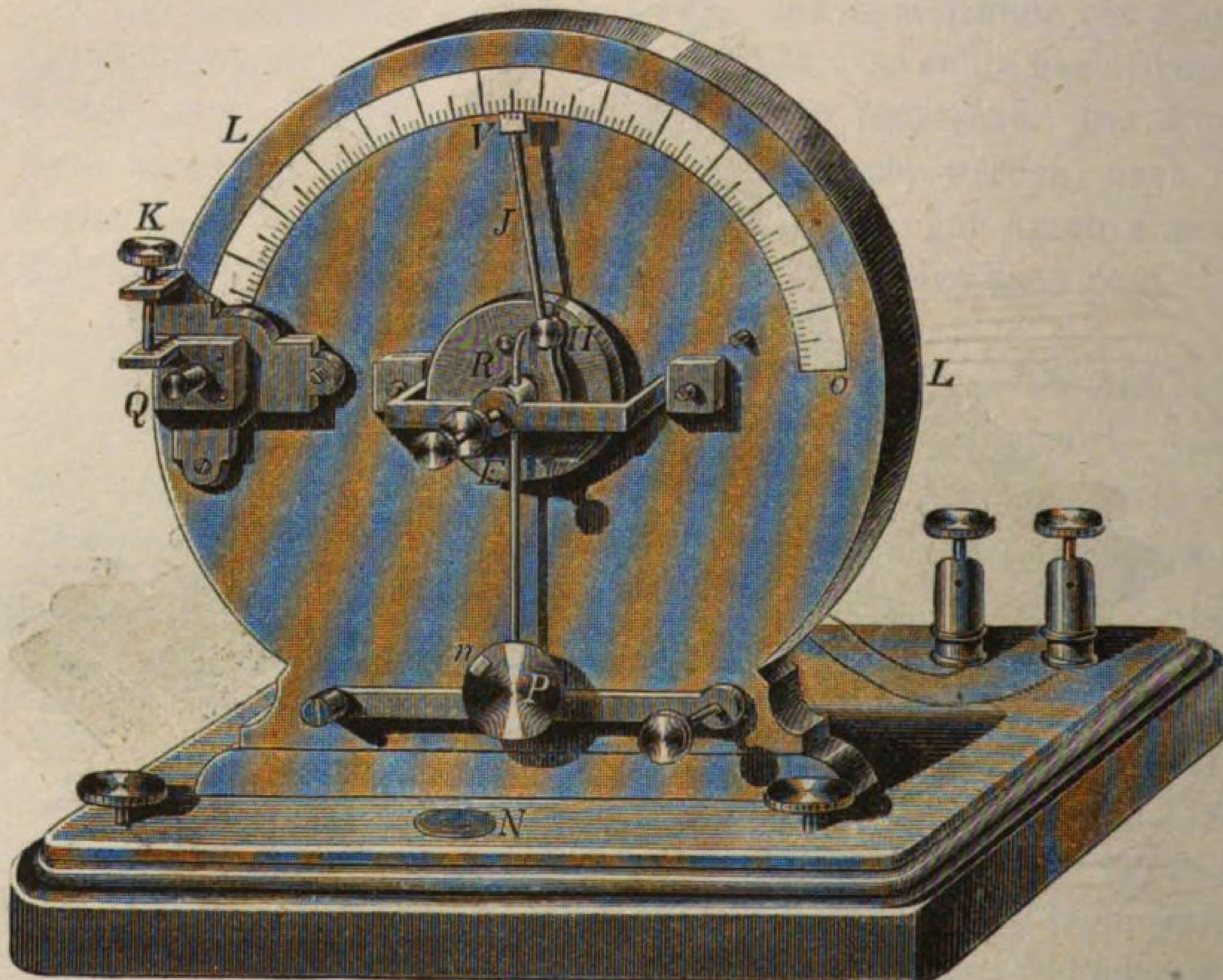
Klemmschrauben nehmen der Reihe nach die Leitungsdrähte auf, welche zu und von den nach einander mit dem Apparate verbundenen Scheiben führen.

Wenngleich dieses Chronoscop die Anwendung der eigentlichen Elektromagnete vermeidet, so ist doch, wie man aus der Zeichnung sieht, seine Einrichtung in Beziehung auf die Mechanik sehr complicirt, und es muss der Erfahrung überlassen bleiben, ob die Anwendung desselben vortheilhafter ist als die der zuvor beschriebenen Apparate.

6. Chronoscop von Navez. Abweichend von den bisher beschriebenen Apparaten gründet sich die Construction eines Chronoscops vom Hauptmann Navez auf das bisher in der Artillerie angewandte ballistische Pendel, verbunden mit einem elektrischen Chronoscop.

Zu diesem Apparate ist erforderlich: Ein Pendel, ein Stromschliesser, ein Unterbrecher, zwei Säulen mit constantem Strom und zwei Scheiben mit gespannten Drähten.

Fig. 380.

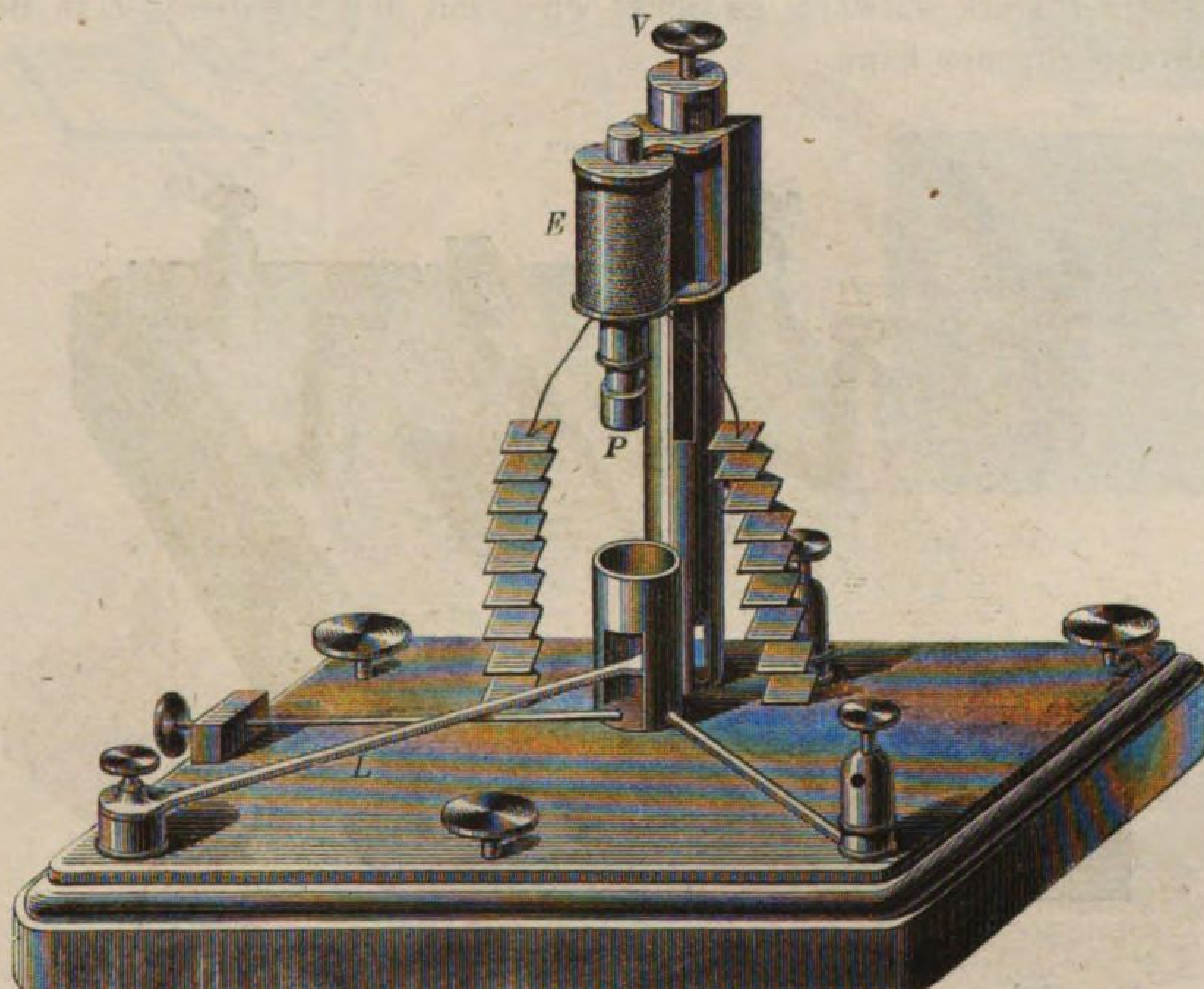


Das Pendel Fig. 380 ist so eingerichtet, dass seine Linse *P* mittelst eines kleinen Eisenstückes *n*, das an deren Rande eingelassen ist, durch einen Elektromagneten *Q* in einer bestimmten Anfangsstellung gehalten werden kann. Die Aufhängungsaxe des Pendels trägt einen Muff, der mit einer Scheibe *R* aus weichem Eisen verbunden ist. Ueber dieser Scheibe ist ein Zeiger *J* so befestigt, dass vermöge einer Feder beide die Bewegung mitmachen, wenn das Pendel oscillirt. Hinter dem Ständer *LL*, welcher das Pendel trägt, befindet sich ein starker Elektromagnet, dessen beide Pole vorn sichtbar sind und sich möglichst nahe an der Eisenscheibe befinden. Kommt dieser Elektro-

magnet in Thätigkeit, so zieht er die Scheibe an und hält so den Zeiger *J* in der Stellung fest, welche er augenblicklich hat, ohne die Bewegung des Pendels zu hemmen.

Der Stromschliesser Fig. 381 besteht aus einem Elektromagneten *E*, welcher mittelst einer Schraube *v* an einer Säule auf und ab bewegt werden kann. Unter dem Elektromagneten befindet sich ein Stahlstab *L*, dessen eines Ende fest ist, während das andere frei bleibt. Ist der Elektromagnet *E* thätig, so kann er ein cylindrisches Gewicht *P* tragen,

Fig. 381.



welches auf das bewegliche Ende des Stahlstabes herabfällt, wenn er zu wirken aufhört. Durch dieses Gewicht wird der Stahlstab nach unten bewegt und schliesst dadurch einen elektrischen Strom, der den grossen Elektromagneten des Pendels in Thätigkeit setzt und die Bewegung des Zeigers hemmt.

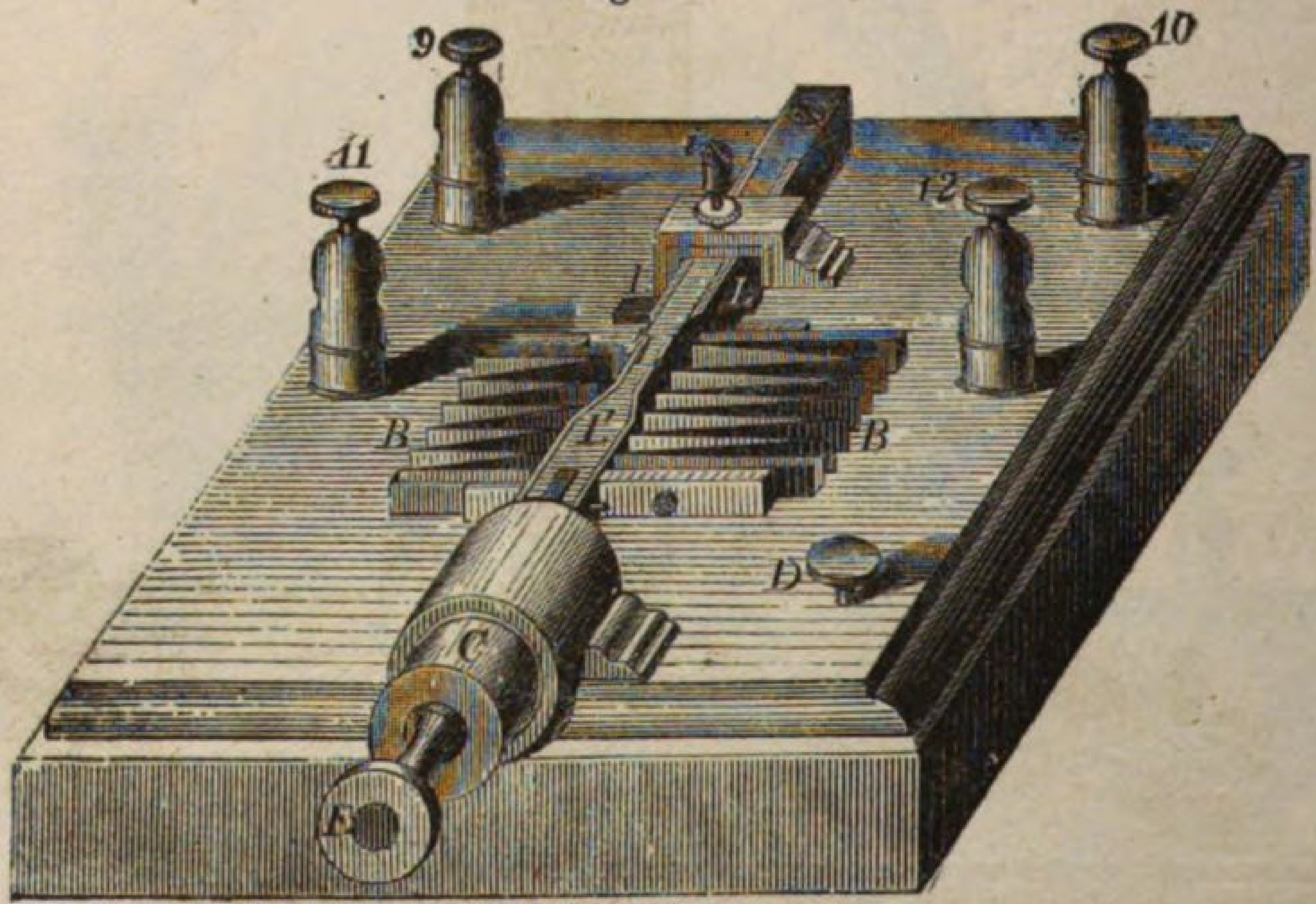
Der bereits erwähnte Unterbrecher macht es vermittelst vier Kupferfedern möglich, die Ströme zu den beiden genannten Elektromagneten gleichzeitig zu unterbrechen.

Die Fig. 382 stellt diesen Apparat dar.

Mittelst des Tasters *D* kann sowohl der Strom für den Elektromagneten der Scheibe *R* Fig. 380 als auch für den Elektromagneten *E*

Fig. 381 momentan unterbrochen und ausserdem derselbe während der Thätigkeit des Apparates in die Kette eingeschaltet werden. Die beiden Kupferstreifen *L L* sind von einander isolirt und werden durch einen ebenfalls isolirten Bügel gehalten. Sie stehen durch Kupferstreifen unterhalb der Fussplatte mit den Schrauben *9* und *10* in Verbindung. Die beiden ebenfalls von einander isolirten Kupferstreifen *L' L'* bilden zusammenlegbare und überhaupt verschiebbare Stromleiter, von denen je einer, wenn der mit einer Feder versehene und die beweglichen von den festen trennende Stift *E* mittelst des Tasters *D* stark seitwärts gedrückt wird, mit den Streifen *L L* in Berührung kommen kann.

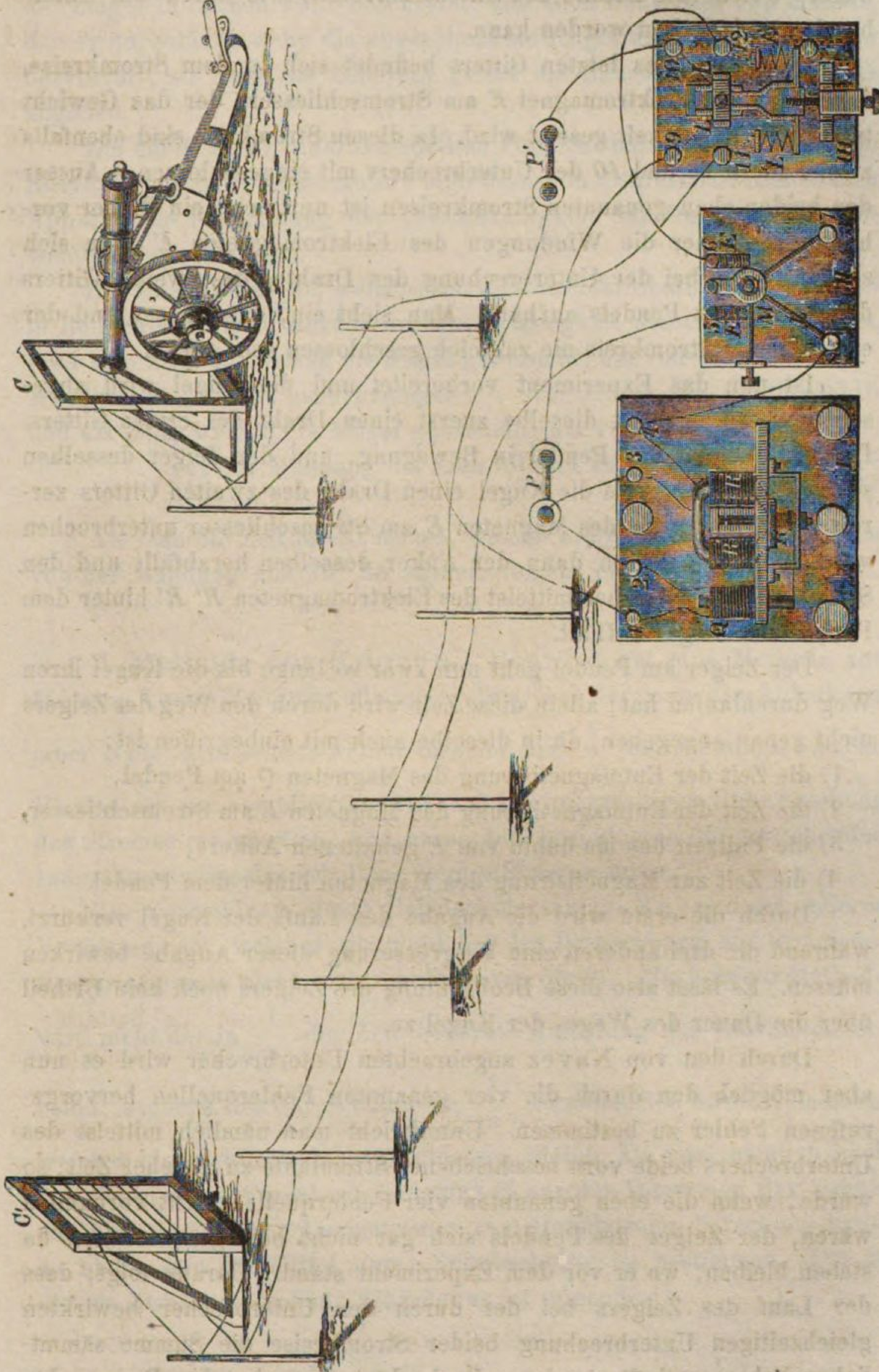
Fig. 382.



Das Schema der Fig. 383 zeigt nun die Anordnung der Apparat bei ballistischen Versuchen. Behufs derselben sind die Batterien *P* und *P'* nöthig, deren Ströme durch einzuschaltende Widerstände gleich stark erhalten werden.

Es kommt nun darauf an, die Zeit zu messen, während welcher eine Kanonenkugel den Weg von dem einen Gitter am Anfang ihres Laufes bis zu dem am Ende desselben zurücklegt. Der Draht des ersten Gitters *C* bildet einen Theil des Stromkreises, welcher den Elektromagneten *Q* erregt, der das Pendel in seiner Anfangsstellung hält. Der Weg dieses Stromes führt auch über die Klemmschraube *II*, über die Klemmschraube *Q* zur Batterie *P* zurück, durch zwei Federn des Unterbrechers *L'* und *L*, so dass dieser Strom sowohl durch die Kanonen-

Fig. 383.



kugel, welche die Drähte des Gitters zerreisst, wie durch den Unterbrecher aufgehoben werden kann.

Der Draht des letzten Gitters befindet sich in dem Stromkreise, durch den der Elektromagnet *E* am Stromschliesser, der das Gewicht trägt, in Wirksamkeit gesetzt wird. In diesen Stromkreis sind ebenfalls zwei Federn *12* und *10* des Unterbrechers mit eingeschlossen. Ausser den beiden eben genannten Stromkreisen ist nun noch ein dritter vorhanden, welcher die Windungen des Elektromagneten *E E* in sich schliesst, der bei der Unterbrechung des Drahtes des zweiten Gitters den Zeiger des Pendels aufhält. Man sieht ein, dass dieser und der erstgenannte Stromkreis nie zugleich geschlossen sein dürfen.

Ist nun das Experiment vorbereitet und die Kugel wird abgeschossen, so zerreisst dieselbe zuerst einen Draht des ersten Gitters. Dadurch kommt das Pendel in Bewegung, und der Zeiger desselben schwingt so lange, bis die Kugel einen Draht des zweiten Gitters zerreisst und der Strom des Magneten *E* am Stromschliesser unterbrochen wird, in Folge dessen dann der Anker desselben herabfällt und den Strom schliesst, welcher mittelst des Elektromagneten *R' R'* hinter dem Pendel den Zeiger aufhält.

Der Zeiger am Pendel geht nun zwar so lange bis die Kugel ihren Weg durchlaufen hat; allein diese Zeit wird durch den Weg des Zeigers nicht genau angegeben, da in dieselbe auch mit einbegriffen ist:

1) die Zeit der Entmagnetisirung des Magneten *O* am Pendel,
2) die Zeit der Entmagnetisirung des Magneten *E* am Stromschliesser,
3) die Fallzeit des bis dahin von *E* gehaltenen Ankers,
4) die Zeit zur Magnetisirung des Magneten hinter dem Pendel.

Durch die erste wird die Angabe des Laufs der Kugel verkürzt, während die drei anderen eine Vergrösserung dieser Angabe bewirken müssen. Es lässt also diese Beobachtung des Zeigers noch kein Urtheil über die Dauer des Weges der Kugel zu.

Durch den von Navez angebrachten Unterbrecher wird es nun aber möglich den durch die vier genannten Fehlerquellen hervorgerufenen Fehler zu bestimmen. Unterbricht man nämlich mittelst des Unterbrechers beide vorn beschriebenen Stromläufe zu gleicher Zeit, so würde, wenn die eben genannten vier Fehlerquellen nicht vorhanden wären, der Zeiger des Pendels sich gar nicht bewegen, sondern da stehen bleiben, wo er vor dem Experiment stand. Daraus folgt, dass der Lauf des Zeigers bei der durch den Unterbrecher bewirkten gleichzeitigen Unterbrechung beider Stromkreise die Summe sämmtlicher Fehler enthalten muss. Beobachtet man also den Bogen, den

der Zeiger in diesem Falle beschreibt, und zieht denselben von dem ab, den er durchläuft, wenn die abgeschossene Kugel die Unterbrechungen hervorruft, so muss die Differenz genau die Gangzeit des Geschosses angeben.

Die mit diesem Pendel angestellten Versuche haben so befriedigende Resultate ergeben, dass man in Folge dessen in mehreren Staaten diesen Apparat zur Bestimmung der Geschwindigkeit der Geschosse in Anwendung gebracht hat.

Bei einem Versuche, welcher mit diesem elektroballistischen Pendel in Belgien angestellt wurde, um die Genauigkeit desselben zu prüfen, fand man als Zeit, welche die Kugel gebraucht, um von der Mündung aus $16^m,54$ zurückzulegen 0,″0509316
und als Zeit, welche die Kugel gebraucht, um von $16^m,54$ vor der Mündung bis nach $30^m,54$ zu gelangen 0,″0450511
Summe 0,0959827.

Als man die Zeit direkt maass, welche die Kugel nöthig hatte, um von der Mündung aus $30^m,54$ zurückzulegen, erhielt man 0″,0959991.

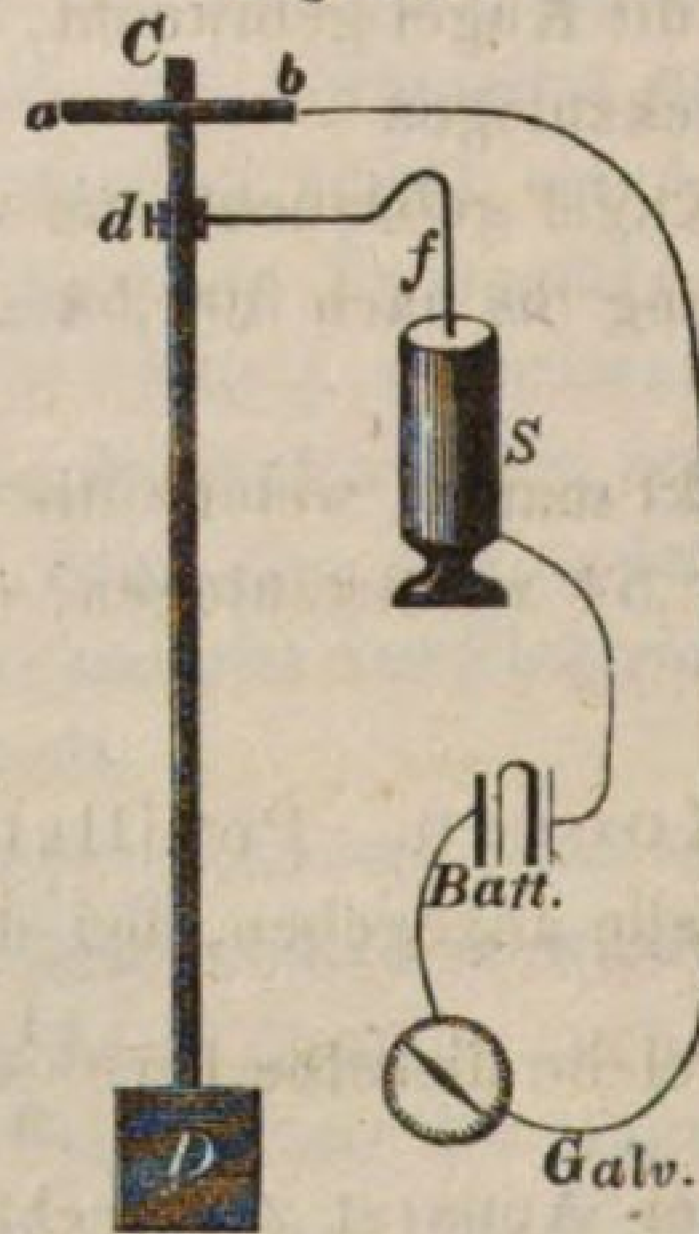
7. Methode von Koosen. Pouillet hat eine Methode zur Messung kurzer Zeitintervalle angegeben, bei der man die Ablenkung einer Nadel beobachtet, welche dieselbe bei $\frac{1}{n}$ der Zeiteinheit macht. Hierbei ist ein complicirter Apparat zur rechtzeitigen Unterbrechung des Stromes erforderlich, und ausserdem beeinflussen die entstehenden Inductionsströme das erhaltene Beobachtungsresultat.

Zur Vermeidung dieser Uebelstände schlägt Koosen ein anderes Verfahren vor, welches wir wohl bei der Besprechung elektromagnetischer Apparate nicht ausser Acht lassen dürfen. Nach seiner Methode wird nicht der in $\frac{1}{n}$ der Zeit bewirkte Ausschlag der Galvanometernadel, sondern der durch einen um $\frac{1}{n}$ verminderten Strom gemessen, welcher eine Sekunde lang geschlossen bleibt. Da man nämlich nach dem Ohm'schen Gesetz mit Genauigkeit aus der Dimension der Drähte das Verhältniss eines Zweigstromes zum Hauptstrome berechnen kann, so bietet dies ein Mittel kurze Zeitabschnitte zu bestimmen. Die zu diesem Zwecke getroffene Einrichtung ist folgende.[1])

[1]) Pogg. Ann. 87, p. 528.

In Fig. 384 stelle *C D* ein Pendel dar, welches einen Strom eine Secunde lang schliesst und ihn ebenso lange wieder unterbricht. Dies geschieht in der Weise, dass dem Strome folgender Weg gegeben wird. *f* sei ein Kupferdraht, der bis an die Mitte der Oberfläche des Quecksilbers geführt wird, mit dem das Gefäss *S* bis oben heran gefüllt ist, ohne dasselbe zu berühren. Von *S* geht der Strom zur Batterie, von dieser durch das Galvanometer nach dem isolirten Messingstabe *a b* auf dem die Schneide des Pendels ruht. Durch diese kehrt der Strom nach *f* zurück.

Fig. 384.



Wird nun das Pendel in Schwingung versetzt, so muss der Draht *f* in leitende Berührung mit dem Quecksilber kommen und so lange darin bleiben, bis das Pendel wieder die genau senkrechte Lage hat. Dann wird der Strom unterbrochen und bleibt wieder so lange unterbrochen, bis das Pendel, von der anderen Seite kommend, wieder den Strom schliesst. Das schwingende Pendel unterbricht und schliesst also den Strom immer auf eine Sekunde, und K o o s e n hat beobachtet, dass bei dieser Einrichtung die Schwingungsamplitude des Pendels ganz ohne Einfluss ist. Er hat bei einem Ausschlage des Pendels von 1^0 bis zu 10^0 keine Aenderung des Galvanometerausschlages bemerkt.

Soll nun die Dauer eines bestimmten Vorganges gemessen werden, so muss der Strom beim Beginn desselben geschlossen und beim Ende desselben geöffnet werden. Der zu beobachtende Zweigstrom wurde in der Weise hergestellt, dass ein ausgespanntes Drahtstück von derselben Stärke wie der Galvanometerdraht mit 2 Klemmen versehen wurde, mittelst deren der Strom von und zu den Galvanometerklemmen geführt

wurde. Da nun der Draht des Zweigstromes von demselben Leitungsvermögen wie der des Galvanometers war, so ist das Verhältniss des Zweigstromes zum Hauptstrome bestimmt, wenn man die Länge desselben durch die Länge der Galvanometerwindungen dividirt. Dieser Quotient giebt zugleich die Zeitgrösse in Sekunden, die erforderlich gewesen wäre, damit der Hauptstrom, wenn er durch dasselbe Galvanometer ginge, in dieser Zeit dieselbe Ablenkung bewirkte, welche der Zweigstrom in einer Sekunde hervorrief.

Es sind nun für jede Messung zwei Beobachtungen zu machen, die eine hinsichtlich des Ausschlages bei der Unterbrechung durch das Sekundenpendel und eine während der Unterbrechung durch den Vorgang, dessen Zeitdauer gemessen werden soll. Dasselbe Galvanometer aber, welches bei der ersten Beobachtung in den Hauptstrom eingeschaltet war, muss nothwendig bei der zweiten Beobachtung in den Zweigstrom eingeschaltet sein, weil ja sonst die Ablenkungen in beiden Fällen nicht auf einander reducirt werden könnten. Um deshalb bei der zweiten Beobachtung für den Hauptstrom den Widerstand gleich gross zu machen, der noch vorher die Galvanometerwindungen waren, muss in diesen ein Draht eingeschaltet werden, der gleich jenen Windungen ist.

Koosen hat nun einige Beobachtungen von Zweigströmen veröffentlicht, welche das Verfahren bei den Messungen deutlich machen werden.

	Abstand der Klemmen.	Galvanom.	Verhältn. d. Zweigstroms zum Hauptstrom $\frac{a}{6336}$	berechnet aus d. Galvanometerablenkungen
I	39″	72°	0,006155	
II	26″	45°	0,00413	0,00385
III	12″	22°	0,00189	0,00188
IV	$4\frac{1}{4}$″	$7\frac{1}{2}$°	0,00067	0,00064

Gesetzt man hätte nun durch die Beobachtung, bei welcher der Strom durch die Bewegung eines Projectils von der Mündung des Geschützes bis zu einem in bestimmter Entfernung ausgespannten Metallfaden geschlossen wird, einen Ausschlag von 15° erhalten, und diese Beobachtung wäre kurz nach den angegebenen Versuchen gemacht worden, so dass man die Gleichheit der galvanischen Säule voraussetzen kann; so ergebe sich aus

I	15/72 ·	0,006155	Sekunden	= 0,00128″
II	15/45 ·	0,00415	„	= 0,00137″
III	15/22 ·	0,00189	„	= 0,00129″
IV	$15/7\frac{1}{2}$ ·	0,00067	„	= 0,00134″

Die geringen Unterschiede, welche diese Werthe zeigen, sprechen für die Zuverlässigkeit der Methode.

8. Die elektromagnetischen Chronoscope im Allgemeinen. Ich habe hier von den mir bekannt gewordenen elektromagnetischen Chronoscopen nur diejenigen beschrieben, welche sich ihrem Wesen nach am meisten von einander unterscheiden. Betrachten wir dieselben hinsichtlich ihrer Zweckmässigkeit, so müssen wir zugeben, dass mehrere derselben, deren Brauchbarkeit noch nicht geprüft worden ist, doch wegen ihrer Complicirtheit viele Fehlerquellen enthalten, durch die die Beobachtungsresultate ungenau werden müssen.

Die Fehler beruhen nach Navez Zusammenstellung[1])

1. In der Anwendung der Elektromagnete, bei denen sowohl die Zeit des Entstehens von der Zeit des Verschwindens ihres Magnetismus verschieden ist, als auch die Geschwindigkeit der Entwicklung des Magnetismus durch die Stärke des jedes Mal wirksamen galvanischen Stromes bedingt wird.

2. Bei der Anwendung von Uhrwerken wird ein schwer zu bestimmender Fehler durch die Reibung der Zahnräder herbeigeführt.

3. Die Anwendung der Pendel, welche die geringsten Fehlerquellen darbieten, ist deshalb mit Schwierigkeiten verbunden, weil das Pendel beim Beginn seines Laufes eine zu geringe Geschwindigkeit hat, als dass man sehr kleine Zeiträume mit genügender Genauigkeit messen könnte.

4. Die Anwendung von rotirenden Cylindern erfordert eine sehr verwickelte Construction des Apparates und ist ausserdem noch sehr kostspielig.

5. Bei der Anwendung der Nadelablenkung durch Multiplicatorwindungen stellen sich ähnliche Fehlerquellen wie bei den Elektromagneten heraus.

Es ist hiernach klar, dass man unter verschiedenen Umständen, je nach der Art der Messungen, nicht denselben Apparat wählen wird.

Man wird z. B. mit einem Apparate bessere Resultate erhalten, wenn sehr kurze Zeitabschnitte gemessen werden sollen, mit einem anderen, wenn es sich um möglichst scharfe Abgränzung eines weniger kurzen Zeitabschnittes handelt. Ueberhaupt steht aber fest, dass dasjenige Chronoscop vor allen anderen den Vorzug verdient, mittelst

[1]) Journal des armes spéciales 1853, p. 145; Du Moncel, App. de l'électr. II, p. 347.

dessen auch gleichzeitig die eigenen, in der Construction begründeten Fehler, auf möglichst einfache Weise bestimmt und also in Anrechnung gebracht werden können. Dies geschieht bei keinem anderen auf so einfache und sichere Weise, wie bei dem von Navez construirten.

Ausser den hier beschriebenen werden nun noch andere nicht elektromagnetische, sondern auf galvanische und Inductionsströme gegründete Chronoscope in Anwendung gebracht, deren Beschreibung ausserhalb der Aufgabe dieses Buches liegt, deren Erwähnung ich jedoch deshalb nicht unterlassen will, weil sie sowohl wegen ihrer grösseren Einfachheit, als auch wegen grösserer Präcision ihrer Angaben den eben beschriebenen vorzuziehen sind. Hierher gehören besonders die Chronoscope von Siemens,[1] Pouillet[2]) und Helmholtz.[3])

Schliesslich kann ich nicht unterlassen, einige Gesichtspunkte hervorzuheben, welche Kuhn am Schlusse seiner Besprechung der Chronoscope angegeben,[4]) und die ein Jeder als richtig anerkennen muss.

Nachdem hervorgehoben worden ist, dass eines der anwendbarsten Chronoscope für praktische Zwecke, das von Wheatstone angegebene und von Hipp mit wesentlichen Verbesserungen ausgestattete ist, macht Kuhn darauf aufmerksam, dass man mittelst desselben, wie bei allen anderen im Allgemeinen nicht direkt die Dauer der Erscheinung, sondern Angaben erhält, von denen jede gleich ist der Summe der Intervalle, während welcher die sämmtlichen Vorgänge stattfinden, die zu jener Erscheinung gehören. Bei den elektromagnetischen Apparaten enthält aber eine jede Angabe:

1. Das Zeitintervall, welches erforderlich ist, um durch den Stromunterbrecher das Oeffnen der Leitungskette vorzunehmen.

2. Die Zeit, welche nothwendig ist, damit der im weichen Eisen erregte Magnetismus so weit verschwunden ist, damit die Abreissfeder wirken kann.

3. Die Dauer der zu bestimmenden Erscheinung.

4. Die Zeit, welche durch das Entstehen des Magnetismus nöthig ist, um den durch die Abreissfeder gehaltenen Anker in Bewegung zu setzen.

5. Die Zeit, welche der Anker gebraucht, um den Weg zurückzulegen, von dem Ruhepunkt, auf dem er durch die Abreissfeder gehalten wird, bis zum Berühren des Magnetkernes.

[1]) Pogg. Ann. 66, p. 435. [2]) Pogg. Ann. 64, p. 452 und 83, p. 505.
[3]) Gloesener App. de l'El. I, p. 403. [4]) Karsten, Encyclopädie der Physik XX, p. 1228.

6. Die Zeit, welche zum Hemmen des Räderwerkes nöthig ist.

Von diesen hier genannten Fehlerquellen sind die unter 2 und 4 genannten für alle elektromagnetischen Chronoscope die am schwersten zu bestimmenden. Wheatstone hat bestimmt, dass wegen dieser Fehler die Genauigkeit seines Chronoscopes bis auf $^1/_{60}$ bis $^1/_{120}$ Sekunde gebracht werden könne. Man begegnet diesen Fehlern am besten dadurch, dass man die Kerne aus geglühten Eisendrähten oder wie in neuster Zeit aus Eisenblech anfertigt, dass man die Gangweite des Ankers möglichst klein macht, dass man den anzuwendenden Strom möglichst gleichmässig erhält und endlich die Kette möglichst kurze Zeit geschlossen lässt.

Der Gang des Uhrwerks ist mit einer genauen Pendeluhr zu vergleichen, deren Gang bekannt ist. Man gelangt dadurch zu den Fehlern des Uhrwerks und kann so den Gang desselben für jede Temperaturveränderung ermitteln.

Zur Bestimmung der durch die Elektromagnete verursachten Fehler schlägt Kuhn Fallversuche vor. Man hat für diesen Fall die gemessene Fallzeit auch zu berechnen, und die Differenz der beiden Werthe muss dann gleich der Summe der Fehler sein, nach denen die Angaben des Chronoscops zu verbessern sind.

Die auf Inductionsströmen beruhenden Chronographen haben allerdings diese Fehler nicht, zeigen aber wieder andere, deren Controlle nicht so leicht durchgeführt werden kann, wie bei den vorigen.

§ 4.

Elektromagnetische Chronographen für astronomische Zwecke.

1. Elektro-Chronograph von Locke. Auch die beobachtende Astronomie hat jetzt angefangen, sich zu ihren Zwecken der Chronographen zu bedienen.

Im Jahre 1848 traf Locke in Cincinnati als der Erste die Einrichtung mittelst einer Uhr und des galvanischen Stromes astronomische Beobachtungen genau zu verzeichnen. Seine Einrichtung war folgende:[1])

An der Axe des Steigrades der Hauptuhr wurde ein Rad mit 60 Zähnen befestigt. So oft nun der an derselben Axe befindliche Sekunden-

[1]) Karsten, Encyclopändie XX, p. 1236.

zeiger ein Intervall vorwärts that, hob ein Zahn des genannten Rades einen Contakt aus, welcher einen Strom geschlossen hatte und bewirkte dadurch, dass der von einem Elektromagneten abfallende Anker einen Punkt auf einem vorübergeführten Papierstreifen vorzeichnete, so dass auf diesem Papierstreifen in gleichen Entfernungen, und zwar 5''' von einander, Punkte entstanden, die Sekundenpunkte heissen mögen. Mittelst eines Tasters markirte man dann auf demselben Streifen durch einen anderen Elektromagneten mit zugehörigem Stiftanker Punkte zu Anfang und Ende irgend welches Vorganges. Diese Punkte wurden Beobachtungspunkte genannt. Man sieht leicht ein, dass auf diesem Wege die Dauer eines Vorganges ziemlich genau festgestellt werden kann. Die Einrichtung hat Aehnlichkeit mit der vorn angegebenen Methode zur Messung der Geschwindigkeit der Elektricität durch Gould.

Man kann auf diesem Wege die Dauer einer Sonnenfinsterniss, den Durchgang der Sterne, die man mittelst des Meridianinstrumentes beobachtet u. dergl. m. markiren. Seit dieser Zeit ist diese Einrichtung auch bei den europäischen Sternwarten angewandt worden, und zwar zuerst von Lamont. Nach dem Urtheile der Astronomen sind die dadurch erlangten Vortheile folgende:

1. Die Zeit des Beobachtens kann dadurch auf ein Zehntel der früheren verkürzt werden.

2. Da durch diese Methode die Beobachtungsfehler bedeutend kleiner werden, treten andere Fehler deutlicher hervor.

3. Die registrirten Beobachtungen haben doppelt so grosse Genauigkeit als die der gewöhnlichen Methode.

4. Da man die Beobachtungen an dem Registrirapparate selbst erhält, so kann man die in Anwendung befindliche Uhr besser gegen Störungen durch die Temperatur schützen, so dass dieselben fast ganz unschädlich werden.

5. Es lassen sich in diesem Falle auch elektromagnetische Zeitanzeiger einrichten, durch welche dann sowohl die gleichzeitig, wie die nach einander gemachten Beobachtungen sich zuverlässig als solche herausstellen.

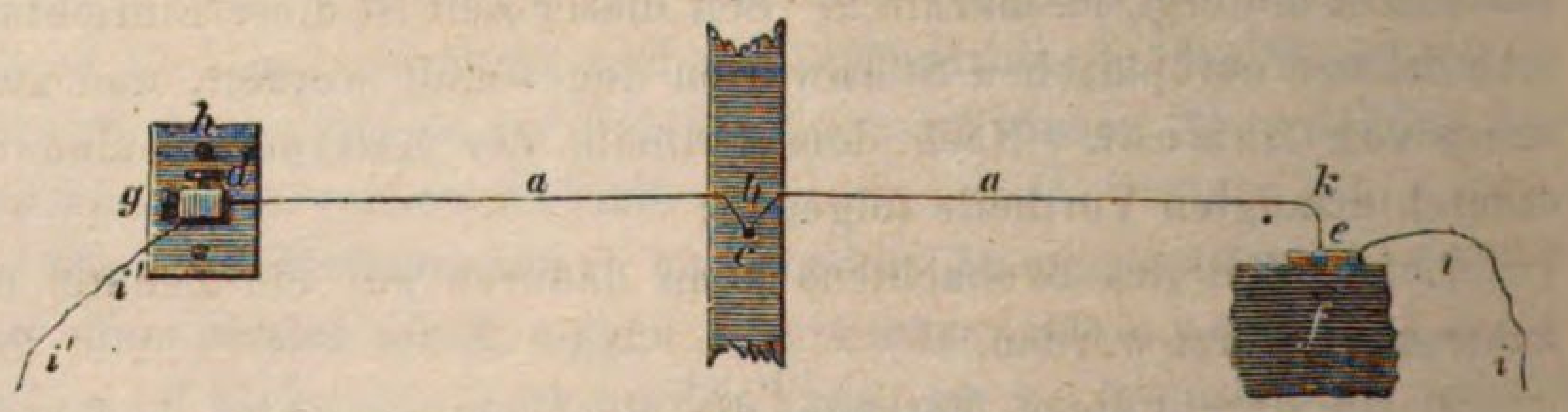
6. Viele Fehler also, die von den benutzten Instrumenten herrühren, lassen sich als solche erkennen und zum Theil ganz entfernen.

2. Die Stromschliessung. Aus den von den Sachverständigen angegebenen Punkten ist leicht ersichtlich, dass die Anwendung elektromagnetischer Chronographen in der praktischen Astronomie erheblichen

Vortheil gewährt, obgleich man nicht ausser Acht lassen darf, dass die früher erwähnten Schwierigkeiten auch in diesem Falle vorhanden sind. Zu diesen Schwierigkeiten gehört besonders die Art der Stromschliessung, von der wir bereits früher gesprochen haben. Lamont bewirkt dieselbe am pünktlichsten durch die Uhr, welche am unteren Ende der Pendelstange ein Quecksilbernäpfchen trägt, in das jedesmal ein Stift taucht, wenn diese Pendelstange sich bei ihrer Bewegung in der Vertikallinie befindet. Der durch die Pendelstange und von dem Stifte weiter geleitete Strom ist alsdann auf kurze Zeit geschlossen und giebt so die Sekunden an.

Die bei dem oben genannten Apparate Locke's angewandte Stromunterbrechung durch das Echappementrad ist in Cambridge an dem Harward Observatorium in folgender Weise abgeändert. Dieselbe wird an dem dortigen Registrirapparate durch Anwendung einer dünnen Stahlfeder bewirkt. Diese Stahlfeder *a a* Fig. 385 von 6″ Länge

Fig. 385.



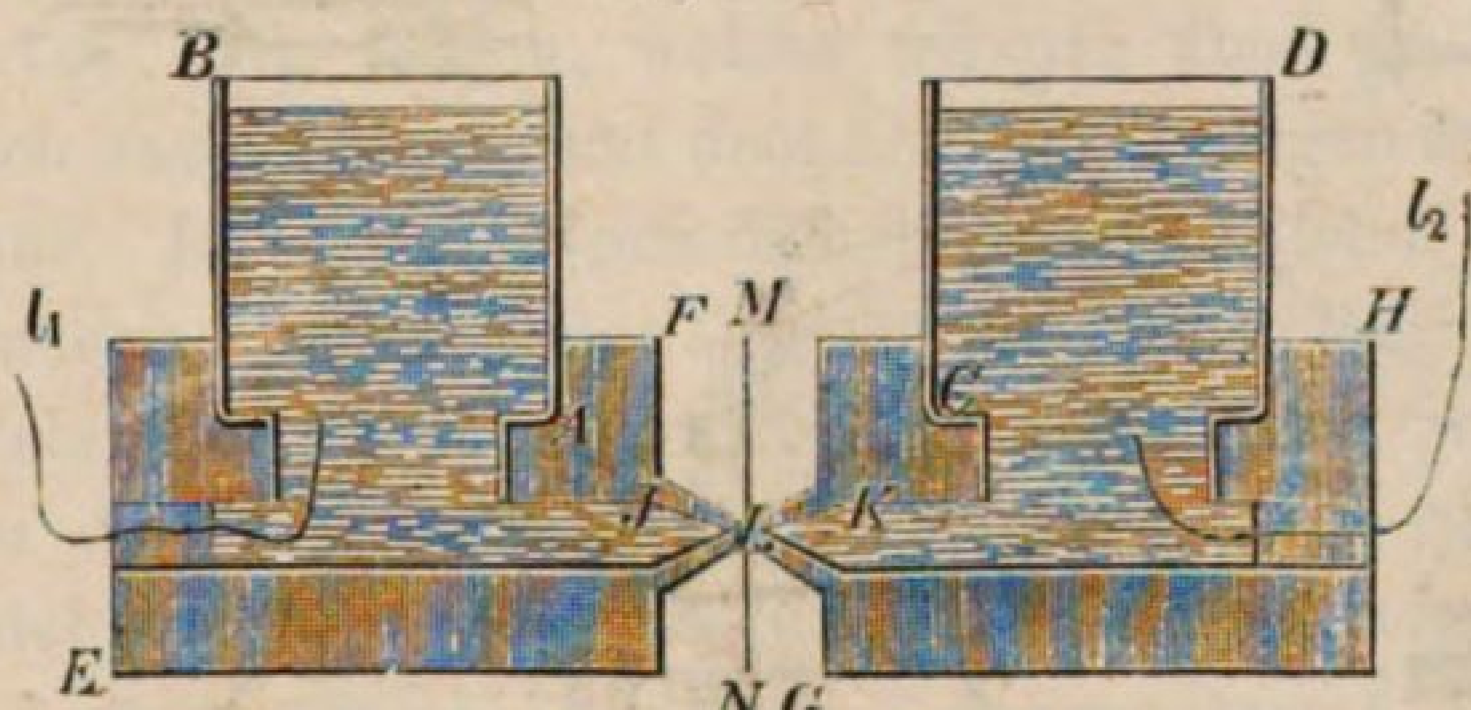
ist bei *d* festgeklammt und endigt bei *e* in eine Platinspitze, welche in das Quecksilber taucht; bei *b* hat sie die Form, welche die Fig. zeigt. Hier trägt die Pendelstange einen Goldstift *c*, welcher dann beim Hin- und Hergange die Spitze hebt und sie ausser leitender Berührung mit dem Quecksilber in *f* bringt. So lange die Berührung stattfindet bleibt der Strom geschlossen und wird nur alle Sekunden beim Hin- und Hergange des Pendels unterbrochen.

2. Registrirapparat der Altonaer Sternwarte von Krille. Krille hat an der Passagenuhr der Altonaer Sternwarte folgende Unterbrechungsvorrichtung hergestellt. [1]) Zwei mit Quecksilber gefüllte Glasröhren sind in zwei von einander isolirten Elfenbeinnäpfchen *E F* und *G H* befestigt, Fig. 386, welche in dem Uhrgehäuse neben einander angebracht sind, so dass ein dünner Quecksilberstrahl *J L K*

[1]) Karsten, Encyclopändie XX, p. 1242.

sich bildet, ohne dass Quecksilber ausfliessen kann. Dieser Strahl ist der Ankerwelle der Uhr parallel und etwa in gleicher Höhe mit derselben. An der Ankerwelle ist ein kleiner metallner Arm mit einem Gegengewicht befestigt, und dieser Arm trägt ein sehr dünnes Glimmerblättchen, welches den Quecksilberdraht senkrecht durchschneidet, wenn das Pendel der Passagenuhr durch die Vertikale geht. So bleibt also der Quecksilberstrahl eine Sekunde lang unterbrochen und eine Sekunde lang geschlossen. Da nun der Stromweg durch dieses Quecksilber geht, so wird dadurch ebenfalls der Strom auf diese Zeit ge-

Fig. 386.

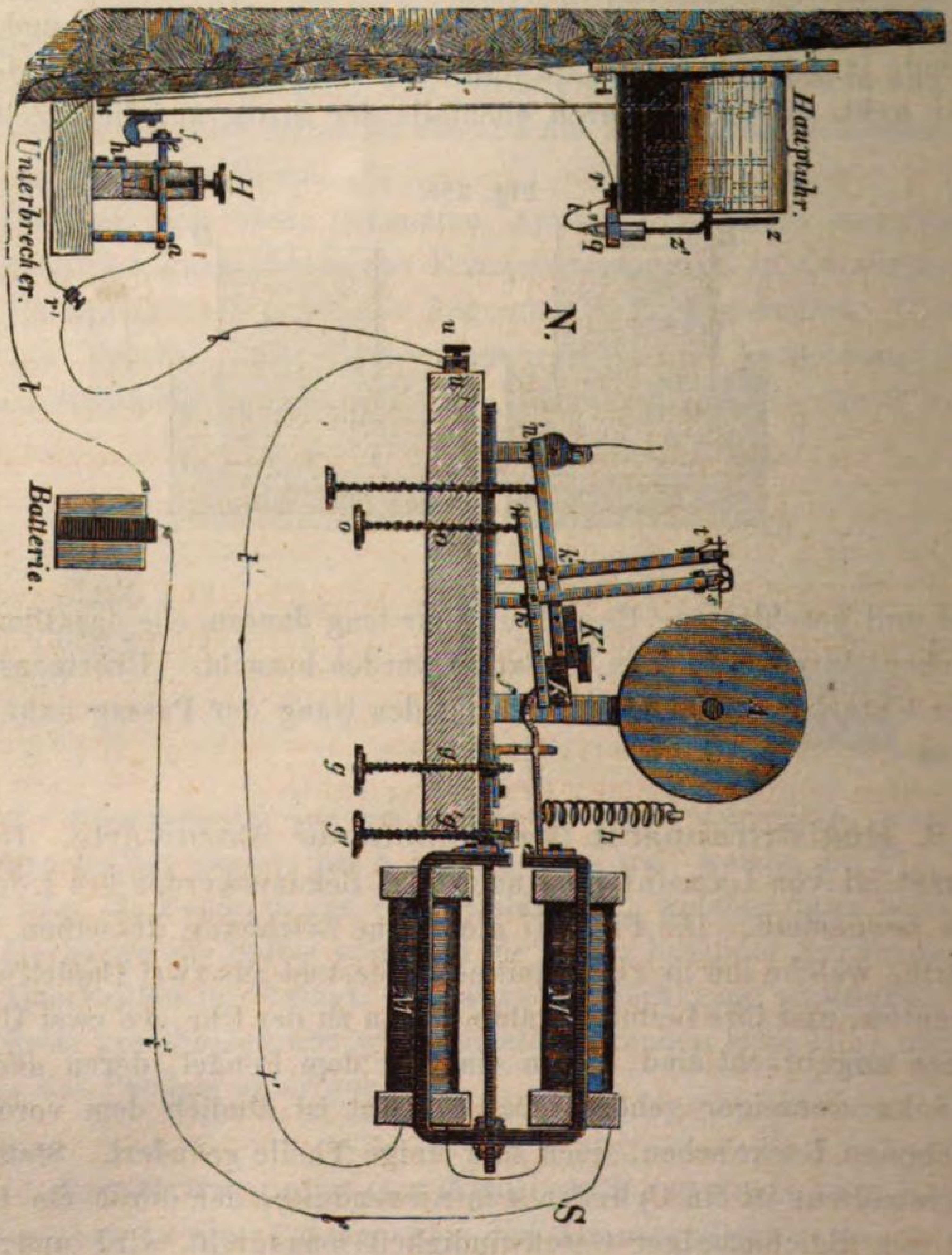


öffnet und geschlossen. Es soll ein Jahr lang dauern, ehe das Glimmerblättchen durch ein neues ersetzt zu werden braucht. Uebrigens soll dieser Unterbrecher nicht störend auf den Gang der Passagenuhr einwirken.

3. Registrirapparat der Münchener Sternwarte. Dieser Apparat ist von Lamont bald nach dem Bekanntwerden des Locke-schen hergestellt. Die Fig. 387 giebt eine Zeichnung desselben. Die Batterie, welche ihn in Thätigkeit setzt, besteht aus zwei Daniell'schen Elementen, und ihre Leitungsdrähte führen zu der Uhr, wo zwei Unterbrecher angebracht sind, deren einer zu dem Pendel, deren anderer zum Sekundenzeiger gehört. Der Apparat ist ähnlich dem vorn beschriebenen Locke'schen, doch sind einige Theile geändert. Statt des Papierstreifens ist ein Cylinder A in Anwendung, der durch ein Laufwerk mit gleichmässiger Geschwindigkeit umgedreht wird und, aus Zinn bestehend, mit einer dünnen Schicht von Wachs und Russ überzogen ist. Auf demselben werden mittelst zweier Stifte die Sekunden und Beobachtungspunkte verzeichnet. Der Halter des ersten dieser Stifte wird durch ein Uebergewicht in seiner Ruhelage erhalten, bis der Strom ihn aus derselben entfernt, und die erforderlichen Zeitmomente mittelst des Stiftes auf dem Cylinder verzeichnet werden.

Die grössten Schwierigkeiten, welche der Apparat darbietet, bestehen in der bereits erwähnten Anordnung des Stromunterbrechers, doch ist nicht ausser Acht zu lassen, dass das Laufwerk nie ganz gleichmässige Bewegung des rotirenden Cylinders unterhält. Bei dem

Fig. 387.



hier besprochenen Apparate werden die geringeren Ungleichheiten direkt durch die Beobachtungen controlirt.

Der Stift, welcher die Beobachtungspunkte verzeichnet, wird auf mechanischem Wege durch den Beobachter selbst in Bewegung gesetzt.

Aus der Darstellung wird klar, in welcher Weise die elektromagnetischen Chronographen bei astronomischen Beobachtungen benutzt

werden. Es liegt nicht in der Aufgabe dieses Werkes, viele einzelne Apparate dieser Art zu beschreiben, ich muss in dieser Hinsicht vielmehr auf Beschreibungen verweisen, welche die Unterschiede der einzelnen Einrichtungen verschiedener Sternwarten zu beschreiben als Aufgabe haben.

Aber noch für einen anderen Zweck wird bei astronomischen Untersuchungen der elektrische Strom und mit ihm der Elektromagnetismus mit gutem Erfolge verwendet. Dies ist:

4. Die telegraphische Bestimmung der Längendifferenz zweier Orte. Alle Linien, welche wir uns über die Erdoberfläche von den Polen aus senkrecht auf dem Aequator gezogen denken, nennen wir Meridiane. Da wir uns nun beliebig viele solcher Linien gelegt denken können, so hat ein jeder Ort der Erde einen Meridian, und man sagt von zweien Orten, sie hätten denselben Meridian, wenn die durch sie auf den Aequator senkrecht gezogenen Linien zusammenfallen. Fallen sie nicht zusammen, so bilden sie mit einander einen bestimmten Winkel, und dieser Winkel ist der „Längenunterschied" der beiden Orte. Es leuchtet ein, dass es für die Astronomie von Wichtigkeit ist, den Längenunterschied der Orte genau zu kennen, und es ist die Frage, wie dies am sichersten zu erreichen ist.

In welchem Meridiane ein Ort liegt, lässt sich am leichtesten und sichersten mittelst der Sternbeobachtung feststellen, ja man muss dieses Mittel wohl das einzige zu Gebote stehende nennen. Man bestimmt nämlich die Zeit, wann ein Ort durch den Meridian geht, dadurch, dass man beobachtet, wann ein bestimmter Stern culminirt, ebenso bestimmt man die Zeit, wann derselbe Stern für einen anderen Ort culminirt, und der Unterschied beider Culminationszeiten muss dann auch den Längenunterschied, d. h. den Winkel angeben, um wie viel der eine Ort westlich oder östlich vom anderen liegt. Man wird nun einsehen, dass diese Bestimmung nur dann möglich ist, wenn die Uhren beider Orte genau gleich gehen, und dass eine genaue Bestimmung der Differenz nur so weit möglich ist, als die Genauigkeit der Uhren reicht. Ausserdem hängt diese Bestimmung noch von der Genauigkeit der zu den Beobachtungen verwendeten Instrumente u. dgl. m. ab. Was nun aber die Zeitbestimmung betrifft, so bietet hier eben der Telegraph ein Mittel der Genauigkeit, welches früher nicht vorhanden war, und die Erfahrungen haben gelehrt, dass als bestes Mittel für die Angaben die Ausschläge von Galvanometern dienen, mittelst deren man dann für diesen Zweck

die Zeichen giebt, um die Gleichzeitigkeit irgend welcher Beobachtung festzustellen.

Es bedarf wohl nicht der Erwähnung, dass sonstige Fehler, welche von dem Strome unabhängig sind, bei diesen Beobachtungen ebenso gut vorkommen, wie bei allen anderen, und dass zur Feststellung derselben eben die Mittel angewendet werden, welche unter allen anderen Umständen zu dem möglichst befriedigenden Ziele führen.

X. Abschnitt.

Elektromagnetische Apparate zu verschiedenen Zwecken.

§ 1.

Beobachtungs- und Registrirapparate für meteorologische Zwecke.

1. Telegraphisches Thermometer von Wheatstone. Wie zu der Zeitmessung bei den Chronographen hat man den elektrischen Strom und besonders die Telegraphie mittelst desselben auch zu manchen andern Zwecken in Anwendung gebracht. So benutzte Wheatstone das von ihm erfundene telegraphische Thermometer, um durch dasselbe von einem Luftballon aus mittelst zweier herabführender Drähte unten auf der Erde die Temperatur ohne einen Beobachter anzugeben. Die Einrichtung bestand im Wesentlichen in einem kleinen Uhrwerk, welches regelmässig innerhalb 5 Minuten eine Zahnstange auf- und absteigen liess. In das offene Thermometer führte ein feiner Platindraht bis zu den niedrigsten Theilstrichen der Graduirung hinab. Das Ende der Zahnstange trug einen anderen Platindraht, der durch die Zahnstange regelmässig in das Thermometer hinabgeführt ward. Wenn nun von den zur Erde führenden Drähten der eine mit der Zahnstange, der andere mit dem festen Platindraht in leitender Verbindung war, so musste jedes Mal der Strom geschlossen werden, wenn der auf- und absteigende Draht das Quecksilber berührte, und musste so lange geschlossen bleiben, bis das Ende des Drahtes wieder das Quecksilber verliess. Aus der Dauer der Schliessung lässt sich dann einfach die Stellung des Quecksilbers berechnen. Die Schliessung dauert natürlich um so länger, je tiefer der sich stets um Gleiches senkende Draht dabei ins Quecksilber eintaucht, d. h. je höhere Grade das Thermometer zeigt.

Ein auf der Erde angebrachtes und mit den Leitungsdrähten verbundenes Galvanometer muss also in dieser Weise den Stand des Quecksilbers anzeigen. Da bei einem Ballon möglichst grösseste Leichtigkeit der Leitungsdrähte wünschenswerth ist, so ist hier die Beobachtung auf Nadelablenkung gegründet, da bei einer einigermassen beträchtlichen Höhe die Drähte doch nur sehr schwach sein dürfen, und also der Strom nur geringe Kraft haben kann. Es leuchtet aber ein, dass bei einem Apparate, der sich nicht gerade in die Luft erheben soll, Rücksichten der Art wegfallen, so dass man alsdann stärkere Ströme anwenden und die Beobachtungen mittelst eines Elektromagneten aufschreiben lassen könnte.

In gleicher Weise wie mit dem Thermometer lassen sich Vorrichtungen für das Barometer und Psychrometer herstellen, nur tritt bei einem stärkeren Strome für alle Fälle ein Umstand hinderlich auf, der nicht zu vernachlässigen ist. Dies ist der sich dabei einstellende Unterbrechungsfunke, welcher zu Störungen Veranlassung geben kann.

2. Meteorologischer Beobachter von Wheatstone. Wheatstone hat einen Apparat der eben genannten Art construirt, welcher automatisch die Beobachtungen an den drei Instrumenten, sowohl auf grössere Entfernungen hin als auch an Ort und Stelle verzeichnet. Ein solcher Apparat, dessen Einrichtung die Fig. 388 schematisch darstellt, ist in Kew aufgestellt.[1]) Derselbe hat dem Princip nach die vorn angegebene Einrichtung, nur ist diese wegen der Registrirung der Beobachtungen etwas complicirter. Es dient dazu Elektromagnet *M M*. Derselbe lässt bei der Stromunterbrechung seinen Anker *A* auf den Winkelhebel *B D* fallen, der dann ein Uhrwerk frei lässt. Mit dieser Uhrbewegung steht, unabhängig von der Bewegung bei *P*, welche mittelst der Rollen *a*, *b*, *c* das Auf- und Absteigen der Drähte in den Instrumenten bewirkt, ein Hebel *E F* wie beim Schlagwerke einer Uhr in Verbindung, welcher die Spitzen zweier beweglicher Sterne berührt, die die Zeichen tragen, und von denen hier das eine *G H* zu sehen ist. Diese Zeichen machen, wenn sie getroffen werden, Eindrücke auf einen Cylinder, der mit einem Blatt Papier umhüllt ist, und der mittelst des Uhrwerks gedreht wird.

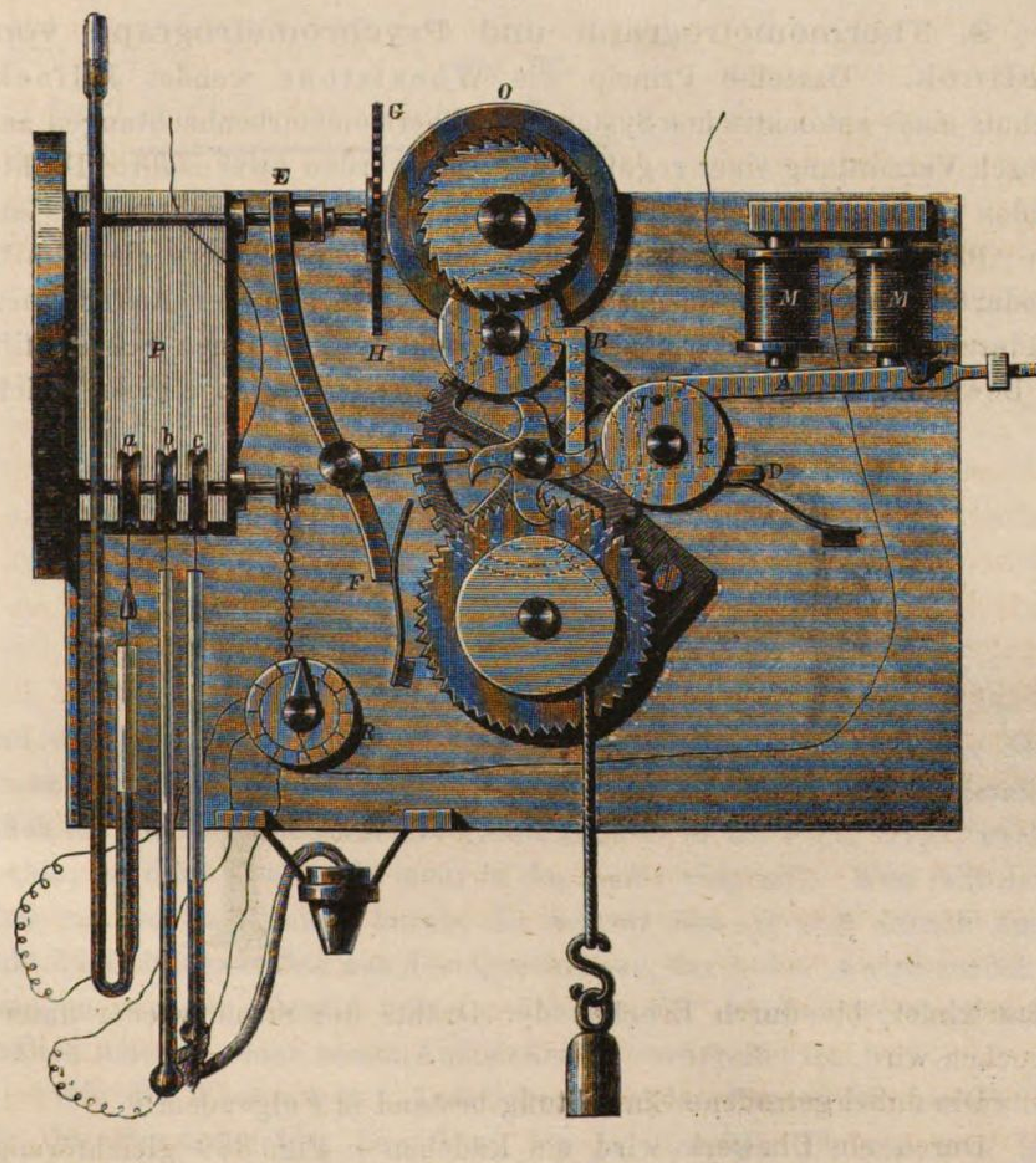
Die genannten Sterne, deren Bewegung mit dem Auf- uud Absteigen der Drähte, welche in das Quecksilber tauchen, übereinstimmt, sind so eingerichtet, dass, wenn der eine, mit 15 Strahlen, deren jeder

[1]) Du Moncel, App. de l'El. II, p. 371.

einen Buchstaben trägt, einen Umlauf in 30 Sekunden gemacht hat, der andere, mit 12 Strahlen, welche die Ziffern tragen, nur ein Zwölftel seines Umlaufs vollendet hat. Es macht also der letztere seinen ganzen Umlauf in 6 Minuten, d. h. in der Zeit, welche zum Auf- und Absteigen eines Drahtes nöthig ist.

Kennt man nun den Werth in Millimetern, dem ein jedes Zeichen bei der Stromdrehung entspricht, so kann man bei der Betrachtung

Fig. 388.



ihrer Striche die verschiedenen Oscillationen der Quecksilbersäulen erkennen.

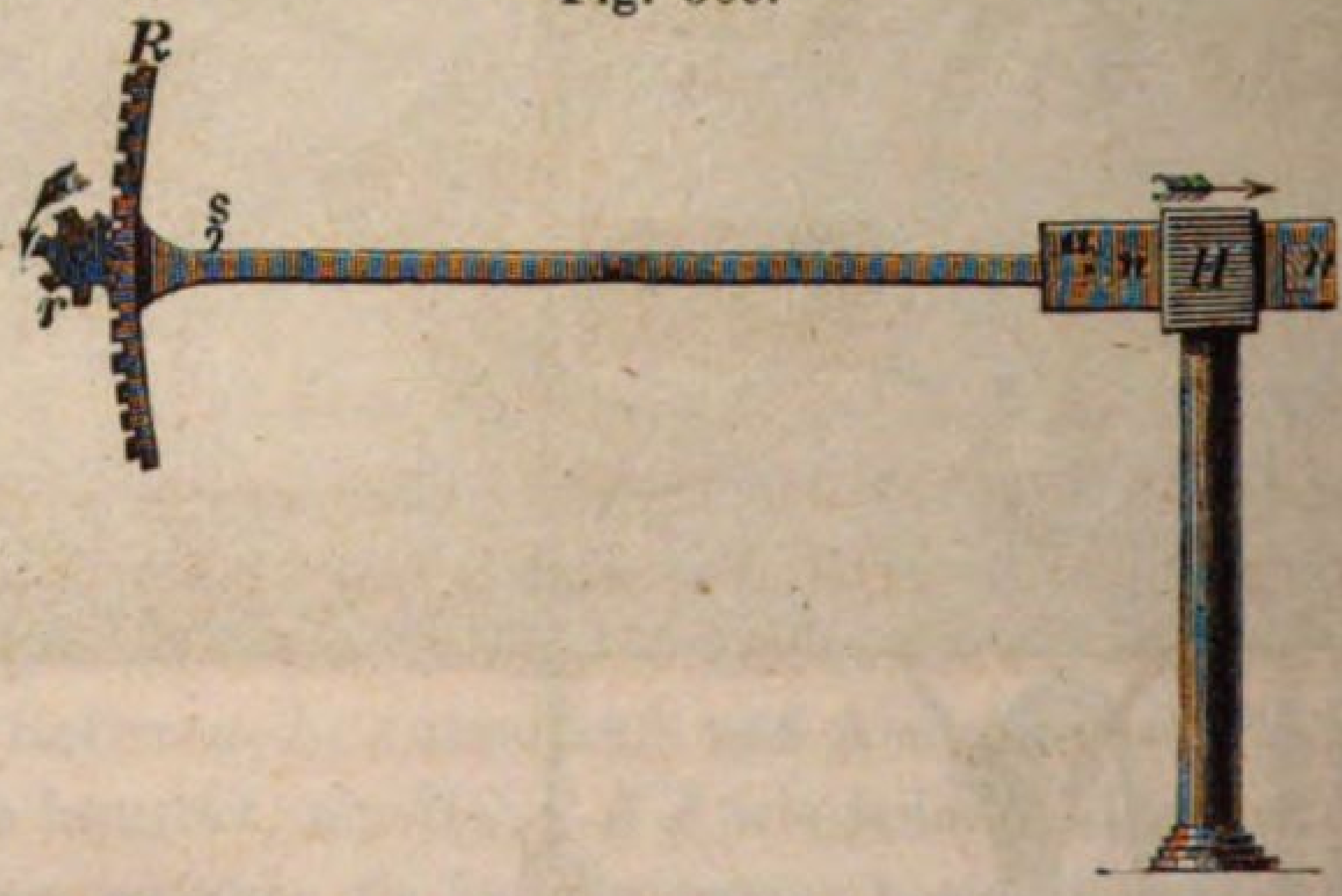
Damit nicht jedes der drei Instrumente zwei Sternräder und einen Cylinder zum Aufzeichnen nöthig habe, wendet Wheatstone einen Commutator an, durch den ein Instrument nach dem anderen zum Auf-

zeichnen gelangt, so dass ein jedes alle 24 Minuten seine Anzeigen zeichnet.

Um den Weg des fallenden Hebels *A* zu vergrössern und dadurch den auf den Hebelarm *D* zu führenden Schlag zu verstärken, wendet Wheatstone ein von dem Uhrwerk getriebenes Rad *K* an, welches mittelst eines Stiftes den Hebel *A*, wenn er herabgefallen ist, wieder in die Höhe nahe zu den Polen des Magneten führt und so die Anziehung ermöglicht.

3. Thermometrograph und Psychrometrograph von Jelinek. Dasselbe Princip wie Wheatstone wendet Jelinek behufs eines automatischen Systems für Thermometerbeobachtungen an. Durch Vermittlung einer regulirenden Uhr werden zwei isolirte Drahtenden einer galvanischen Kette im Momente der Beobachtung bis an die Oberfläche der Quecksilbersäule eines Thermometers eingeführt, wodurch dann der Strom geschlossen wird, welcher den Anker eines dadurch erregten Elektromagneten anzieht und so einen Schreibstift in Bewegung bringt, der auf einem Papierstreifen so lange einen Strich

Fig. 389.



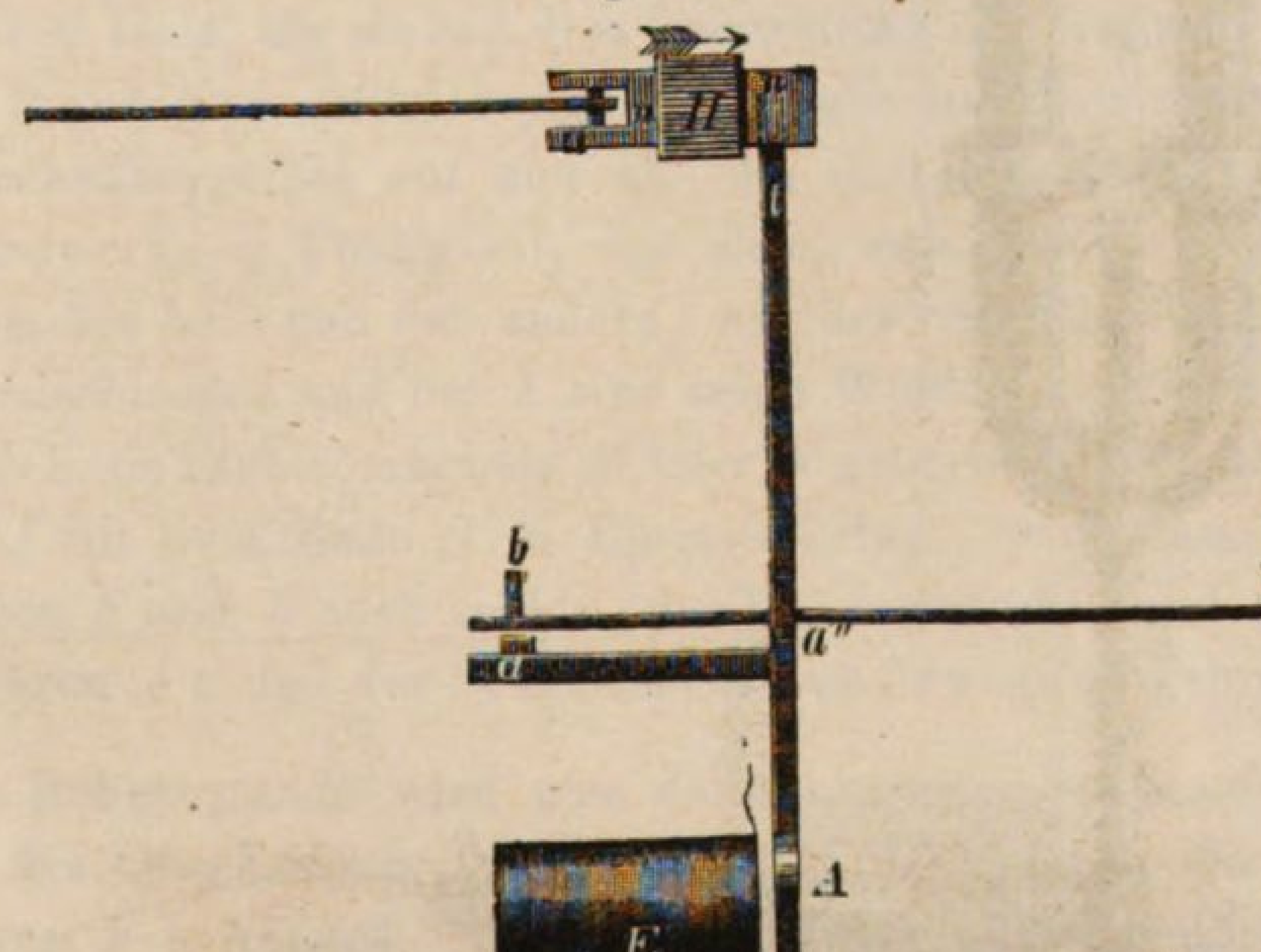
verzeichnet, bis durch Erheben der Drähte der Strom wieder unterbrochen wird.

Die dabei getroffene Einrichtung bestand in Folgendem:

Durch ein Uhrwerk wird ein Rädchen *r* Fig. 389 gleichförmig gedreht und so die Zahnstange *R* gehoben, mit der zugleich der horizontale Arm *s H* in die Höhe geht. An der Stelle bei *s* ist ein Häkchen, an dem eine Schnur befestigt ist, die über ein Rollenpaar durch ein an ihrem anderen Ende befindliches Gewicht gespannt ist. Dieses Gewicht theilt den Leitungsdrähten seine auf- oder abwärts-

gehende Bewegung mit, je nachdem es selbst durch die Zahnstange auf- oder abwärts bewegt wird. Die Schnur ist an dem Ende *h* des Hebels *b a h* der Fig. 390 befestigt und dreht bei ihrer Bewegung denselben um *a''* und gleichzeitig nach links, so dass das mit einem Bleistift versehene andere Ende dicht vor einer vertikalen Schreibtafel steht, auf der dann Striche verzeichnet werden, wenn die Leitungsdrähte in die Oberfläche des Quecksilbers tauchen und so den Strom schliessen. Alsdann wird nämlich der Anker *A* von dem Elektromagneten *E* angezogen, der Arm *a* des um *a''* drehbaren Winkelhebels wird gehoben,

Fig. 392.



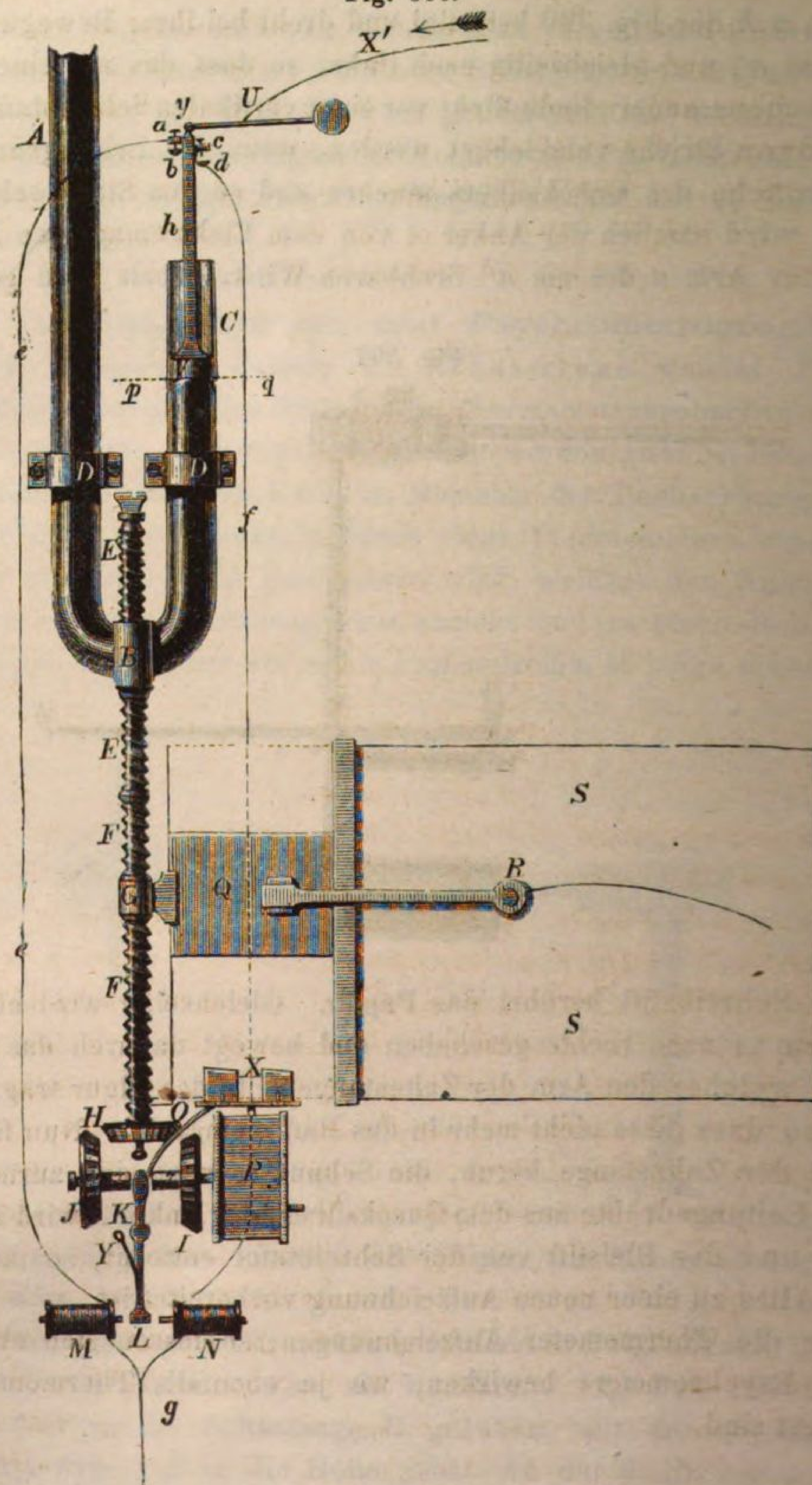
und der Schreibstift berührt das Papier. Gleichzeitig wird aber der obere Arm *A* nach rechts geschoben und bewegt dadurch das Metallstück *n*, welches den Arm der Zahnstange *R* in der Figur trägt, nach rechts, so dass diese nicht mehr in das Rad *r* eingreift. Nun fällt der Arm mit der Zahnstange herab, die Schnur bewegt sich zurück und hebt die Leitungsdrähte aus dem Quecksilber, der Anker *A* wird zurückgezogen und der Bleistift von der Schreibtafel entfernt, so dass nun endlich Alles zu einer neuen Aufzeichnung vorbereitet ist.

Wie die Thermometer Aufzeichnungen, so lassen sich ebenfalls die des Psychrometers bewirken, wo ja ebenfalls Thermometer in Thätigkeit sind.

4. Automatischer Barometrograph und Thermometrograph von Montigny. Da bei diesen Instrumenten für die meteorologischen Beobachtungen in den meisten Fällen Quecksilber die Ver-

änderung der fraglichen Erscheinung durch seine Bewegung anzeigt,

Fig. 391.



so müssen natürlich die Mittel, diese Aenderungen dauernd sichtbar zu machen, von diesem Steigen und Fallen des Quecksilbers hergeleitet

werden. Die hier in Rede stehenden Instrumente müssen also im Ganzen auf dasselbe Princip gegründet sein, und das Interesse, welches man an der Beschreibung der einzelnen Constructionen dieser Apparate hat, besteht eben nur darin, zu sehen, welche Anwendung dieses Princips die vortheilhafteste sei. Wir haben deshalb nicht nöthig, jeden Apparat umständlich zu beschreiben, die Figur allein lässt in den meisten Fällen die Hauptsache der Einrichtung erkennen.

Das Barometer. Diese Einrichtung ist nun bei dem Apparate von Montigny sehr von der vorigen abweichend, wie die Fig. 391 deutlich zeigt. Während nämlich Jelinek die Leitungsdrähte sich heben und senken lässt, um sie mit dem Quecksilber in Berührung zu bringen, windet Montigny mittelst einer Schraube und conischer Zahnräder das Quecksilbergefäss auf und ab. Es sind also für diesen Apparat zwei Laufwerke in Thätigkeit, das eine, welches das Barometer oder Thermometer hebt und das andere, welches registrirt. Das erstere ist von *P* umschlossen und bei *X* sind seine Windflügel. Sobald der Hebel *K L* durch die Elektromagnete *M* oder *N* getrieben die conischen Räder *I* oder *J* mit dem Rade *H* in Eingriff bringt, wird dasselbe mit den Schrauben *F* und *E* nach rechts oder links gedreht, und so die Barometerröhren *A C* und der Schreibstift *R* in Bewegung gebracht.

Im Ruhezustande wird nun das Barometer so gestellt, dass die Kuppe des Quecksilbers in dem offenen Schenkel in die Horizontalebene von *p q* kommt. Alsdann schwimmt auf derselben ein elfenbeinerner Schwimmer *V*, an dem ein Metalldraht *h* befestigt ist. Dieser Draht hat oben ein Quecksilbernäpfchen *b* und dem gegenüber eine Contaktschraube *c*, über dem Quecksilbernäpfchen *b* befindet sich eine andere Contaktschraube *a* und unter der Schraube *c* ein anderes Näpfchen *d*. Fällt also das Barometer, so steigt das Quecksilber bei *p q*, und *V* mit *h* wird gehoben. Dann kommt das mit gehobene Quecksilber bei *b* mit *a* in Berührung und ein Strom wird über *e*, *M* und *g* geschlossen, *L* wird angezogen und *I* kommt mit *H* in Eingriff. Nun wird *A C* abwärts gezogen, und wenn die Kuppe wieder in der Ebene *p q* sich befindet, so ist die metallische Berührung wieder unterbrochen, *M* wirkt nicht mehr, *Y* schiebt *L* und mit ihm *I* und *J* in ihre Ruhelage und die Schraube steht wieder still. Beim Steigen des Barometers wird die umgekehrte Bewegung über *d*, *f*, *u* hervorgebracht. Gleichzeitig mit diesen Bewegungen wird die Schraubenmutter *G* und der Schreibstift *R* gehoben und gesenkt und verzeichnet so das Steigen und Fallen des Barometers.

Das Thermometer. In gleicher Weise wie das Barometer wird das Thermometer gehoben und gesenkt. Da jedoch in der engen Thermometerröhre kein leicht beweglicher Schwimmer angebracht werden kann, so hat hier zum Bewegen des Apparates folgende Einrichtung statt. Ein Platindraht ist unten in die Thermometerröhre eingeschmolzen und führt zu dem einen Ende des Drahtes von *M*, zwei von einander isolirte Platindrähte reichen in die oben offene Röhre, von denen der eine im gewöhnlichen Zustande in das Quecksilber taucht, der andere nicht. Der nicht eintauchende Draht führt zum anderen Ende der Elektromagnetspirale *M*, und in dieser Kette ist ein Kohlenzinkelement eingeschaltet. Der eintauchende Draht führt zur Spirale *N*, deren anderes Ende ebenfalls mit einem eingeschmolzenen Platindraht verbunden ist, und in deren Kreis wieder ein Bunsen'sches Element eingeschaltet ist. Aber diese Einschaltung ist nicht direkt. Der eingeschmolzene Platindraht steht nämlich auch mit dem negativen Pole des anderen Elementes in Verbindung, dagegen ist das andere Ende der Spirale von *N* sowohl als auch der in die Thermometerröhre gehende zweite Draht mit dem positiven Pole dieses Elementes verbunden. Diese Kette ist also beständig geschlossen, nämlich einerseits durch den zweiten Platindraht und andererseits durch die Spirale *N*. Der Zweigstrom durch *N* muss nun so schwach sein, dass *N* bei beiden Schliessungen nicht wirken kann; sinkt aber das Thermometer und tritt dann der andere Platindraht ausser Berührung mit dem Quecksilber, so findet nur eine Schliessung statt. Nun wird *N* wirksam und das Thermometer wieder in richtiger Weise eingestellt.

Wir müssen es dahin gestellt sein lassen, ob eine Regelung der Stromstärken in dem Grade möglich ist, dass die eben beschriebene zweite Einstellung stets tadellos von Statten geht. Wäre dies nicht der Fall, so würde eben nur ein Steigen des Thermometers regelrecht angezeigt werden. Wir müssen jedoch annehmen, dass der Erfinder seinen Apparat geprüft hat.

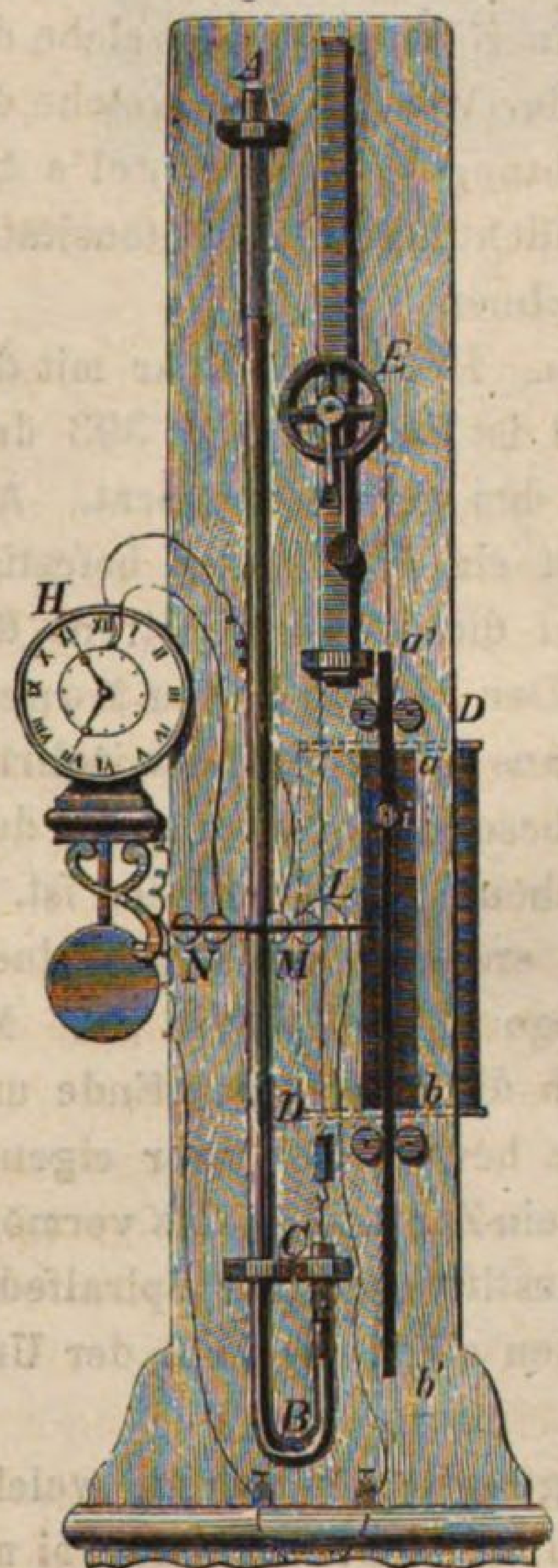
5. Der elektromagnetische Barometrograph von Hardy.[1]) Unter den selbstregistrirenden Barometern können wir das von Hardy für das Observatorium zu Havannah construirte als eines der besten nennen. Die Fig. 392 stellt schematisch seine Einrichtung dar. Sie unterscheidet sich dadurch von allen bisher erwähnten, dass sie dem Apparat eine Einrichtung hinzufügt, die den anderen fehlt, während

[1]) Du Moncel, Exposé IV, 422; Karsten, Encycl. XX, p. 1295.

sie doch zum richtigen Einstellen des Barometers erforderlich ist. Durch eine Vorrichtung werden nämlich der Röhre vor der Aufzeichnung leise Erschütterungen mitgetheilt um das richtige Einstellen des Quecksilbers zu bewirken.

Auf dem Quecksilber am offenen Ende des Barometerrohres *A B C* befindet sich ein leicht beweglicher Schwimmer, der an einem Drahte aufgehängt ist, welcher über eine sehr kleine Rolle an der Axe der Rolle *E* geht. Dadurch wird das Heben und Senken des Schwimmers der grösseren Rolle *E* mitgetheilt, welche dann ein zwischen Führungsrollen laufendes Lineal *a' b'* auf- und abbewegt. Dieses Lineal bewegt sich vor einem Schlitz *a b* in dem Brette, welches den Apparat trägt. Hinter diesem Schlitz befindet sich der rotirende Markircylinder *D D*, während das Lineal den Markirstift bei *i* trägt. Der Cylinder mit dem gegitterten Papier wird durch eine Uhr in langsamer Bewegung erhalten. Ausser dieser Einrichtung hat nun der Apparat zwei Elektromagnete *M* und *N*, deren einer *M* dazu dient einen Anker anzuziehen und mittelst dessen das Lineal mit dem Schreibstift gegen das mit dem Liniennetz versehene Papier zu drücken, während der Magnet *N* in der Art eines Wagner'schen Hammers wirkt und dem Rohre vor der Ablesung oder Aufzeichnung Erschütterungen mittheilt. Die Uhr *H* schliesst nun nach jeder Minute zuerst den Magneten *N*, welcher die Oscillationen erzeugt und gleich darauf den Magneten *M*, der den Markirstift gegen das Papier drückt. Es stellen alsdann die Horizontalstriche des Papiers die Zeitpunkte der Beobachtung, die vertikalen Abweichungen der Punkte aber den Barometerstand dar, deren relativer Werth durch Vergleich mit einem Normalbarometer auf absoluten Werth zurückgeführt wird.

Fig. 392.



Ausser diesen selbstregistrirenden Barometern und Thermometern hat nun Regnard noch ein Instrument construirt, welches nach dem

Princip von Montigny sich auf die Bewegung des Rohres selbst mittelst einer Schraube gründet und bei dem des leichteren Ganges wegen Relais zur Anwendung gebracht sind.[1]) Dahlander[2]) benutzt zur Registrirung ähnlicher Beobachtungen das Princip, welches bei den chemischen Telegraphen zur Anwendung kommt. Für das meteorologische Observatorium in Bern hat Hipp Metallbarometer und Metallthermometer in Anwendung gebracht, welche allerdings zur Bewegung der damit verbundenen elektromagnetischen Vorrichtungen sehr wohl geeignet sind.[3])

6. Elektromagnetisches Anemometer von Du Moncel.[4]) Ein Anemometer besteht gewöhnlich aus einer Windfahne, welche die Richtung des Windes bezeichnet, und aus vier Windflügeln, welche die Stärke des Windes angeben. Die Vorrichtungen Du Moncel's bestehen nun in Mitteln, diese verschiedenen Richtungen und Intensitäten des Windes zu unterscheiden und zu verzeichnen.

Der Apparat besteht aus zwei Theilen. Der unmittelbar mit der Fahne und den Flügeln verbundene Theil ist in der Fig. 393 dargestellt. Die Axe der Fahne reicht durch den ganzen Apparat. Auf einem Querboden *A B* dieses Apparates ist ein Kupferring befestigt, dessen Mittelpunkt in der Axe liegt. Auf diesem Ringe streift der mit der Axe fest verbundene Reiber *C D*. Der Ring, von Du Moncel Azimutalcommutator genannt, besteht aus 8 von einander isolirten Halbquadranten, deren jeder durch eine besondere Leitung mit dem verzeichnenden Apparate und der galvanischen Säule verbunden ist.

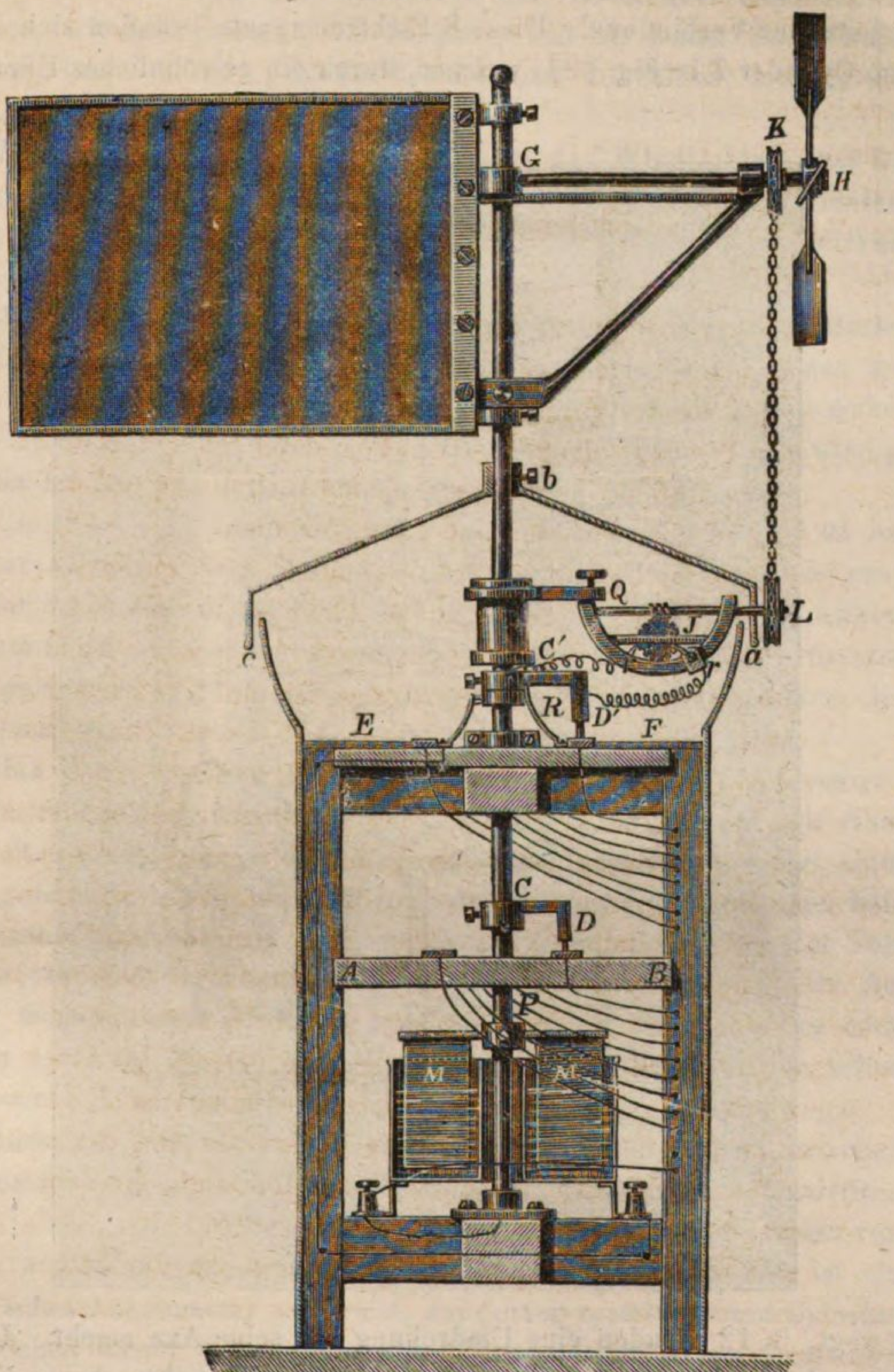
Ein zweiter Reiber *C' D'* über dem ersteren streift auf einem gleichen Kupferringe, der auf der Unterlage *E F* befestigt ist. Mit diesem Reiber stehen die Windflügel durch die Kette ohne Ende und die Axe *Q L* in Verbindung. Die letztere bewegt bei ihrer eigenen Rotation mittelst einer Schraube ohne Ende ein Zahnrad *I*, das vermöge der vier an ihm befestigten leitenden Platinstifte und der Spiralfeder *r r*, welche leitend mit dem Reiber verbunden sind, die Zahl der Umdrehungen der Windflügel angiebt.

Zur Vermeidung allzu schneller Bewegungen der Fahne, welche durch schroffe Windwechsel bewirkt werden könnten, tauchen zwei mit der Axe der Fahne fest verbundene, einander gegenüber stehende Platten *M* in ein Gefäss mit Wasser, wie die Figur zeigt.

[1]) Karsten, Encycl. XX, p. 1284; Du Moncel, Exposé IV, 413. [2]) Pogg. CXII, p. 123. [3]) Karsten, Encycl. XX, p. 1288. [4]) Du Moncel App. de l'El. II, p. 375.

Der registrirende Apparat besteht aus mehreren von einander

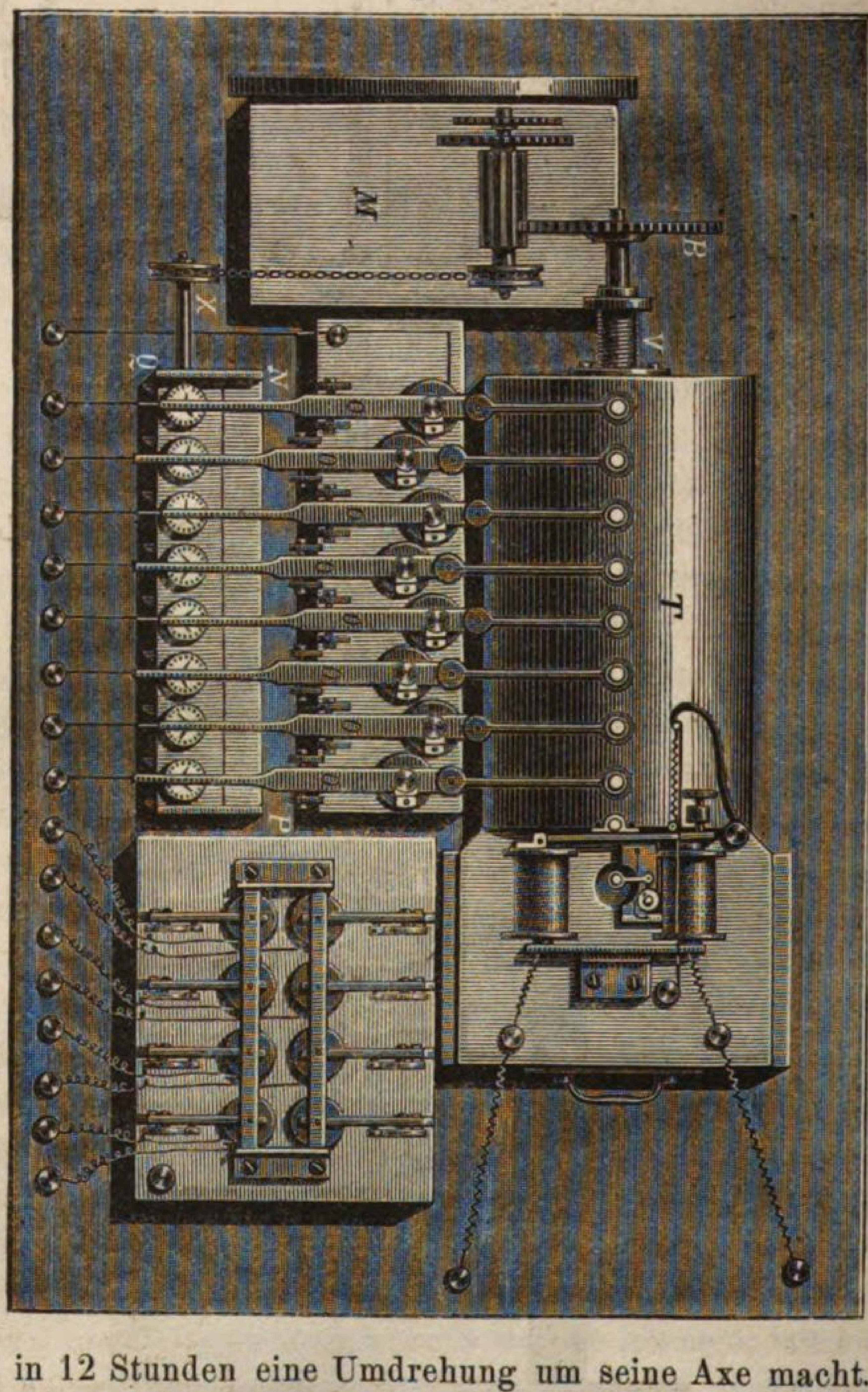
Fig. 393.



gesonderten Theilen, welche sowohl die Richtung, als auch die Dauer und die Geschwindigkeit des Windes bezeichnen.

Behufs der Uebertragung der durch die Fahne und die vier Flügel gegebenen Zeichen nach dem registrirenden Apparate, steht jede der 8 Abtheilungen des Azimutalcommutators mit einem Elektromagneten in leitender Verbindung. Diese 8 Elektromagnete befinden sich unter dem Cylinder *T* in Fig. 394, welcher, durch ein gewöhnliches Uhrwerk

Fig. 394.



bewegt, in 12 Stunden eine Umdrehung um seine Axe macht. Ueber jedem der Elektromagnete, von denen in der Figur ihre oberen Enden zu sehen sind, ist ein Hebel *o* angebracht, dessen Verlängerung mit einer Spitze bis zu dem Cylinder reicht. Schliesst nun der von der Fahnenaxe nach dem Kupferringe reichende Reiber *C D* den Strom der

galvanischen Säule, so wird der mit dem Commutatortheile verbundene Elektromagnet magnetisch und zieht seinen Hebel *o* an. Dieser berührt dann mit seinem Stifte den Cylinder *T* und verzeichnet einen Strich, welcher, wie man einsieht, die Richtung und die Dauer des Windes erkennen lässt. Erstere geht aus der Nummer des Stiftes, letztere aus der Länge des Striches hervor.

Zur genaueren Feststellung der Dauer der Windrichtung hat Du Moncel noch eine ziemlich complicirte Vorrichtung mittelst Minutenzeiger construirt, auf welche die verlängerten Hebel *o o* etc. wirken, deren Weglassung jedoch den ganzen Apparat sehr vereinfacht.

Acht andere Hufeisen-Elektromagnete rechts neben den ersteren, von denen nur ein Schenkel mit der Spirale umgeben ist, tragen auf ihrem anderen Schenkel je eine Kupferplatte, welche mittelst der Anker durch Sperrrad und Sperrhaken gedreht, und auf der die Geschwindigkeit der Umdrehung der Windflügel verzeichnet wird.

Um endlich die Geschwindigkeit in jeder einzelnen Stunde zu bestimmen, befindet sich rechts neben dem Cylinder *T* ein Elektromagnet, welcher bei jeder Schliessung durch ein Zahnrad mittelst seines Ankers auf dem Cylinder einen Strich macht, so dass man aus der grösseren oder geringeren Entfernung dieser Striche die Geschwindigkeit der Umdrehung der Windflügel, d. h. des Windes, bestimmen kann.

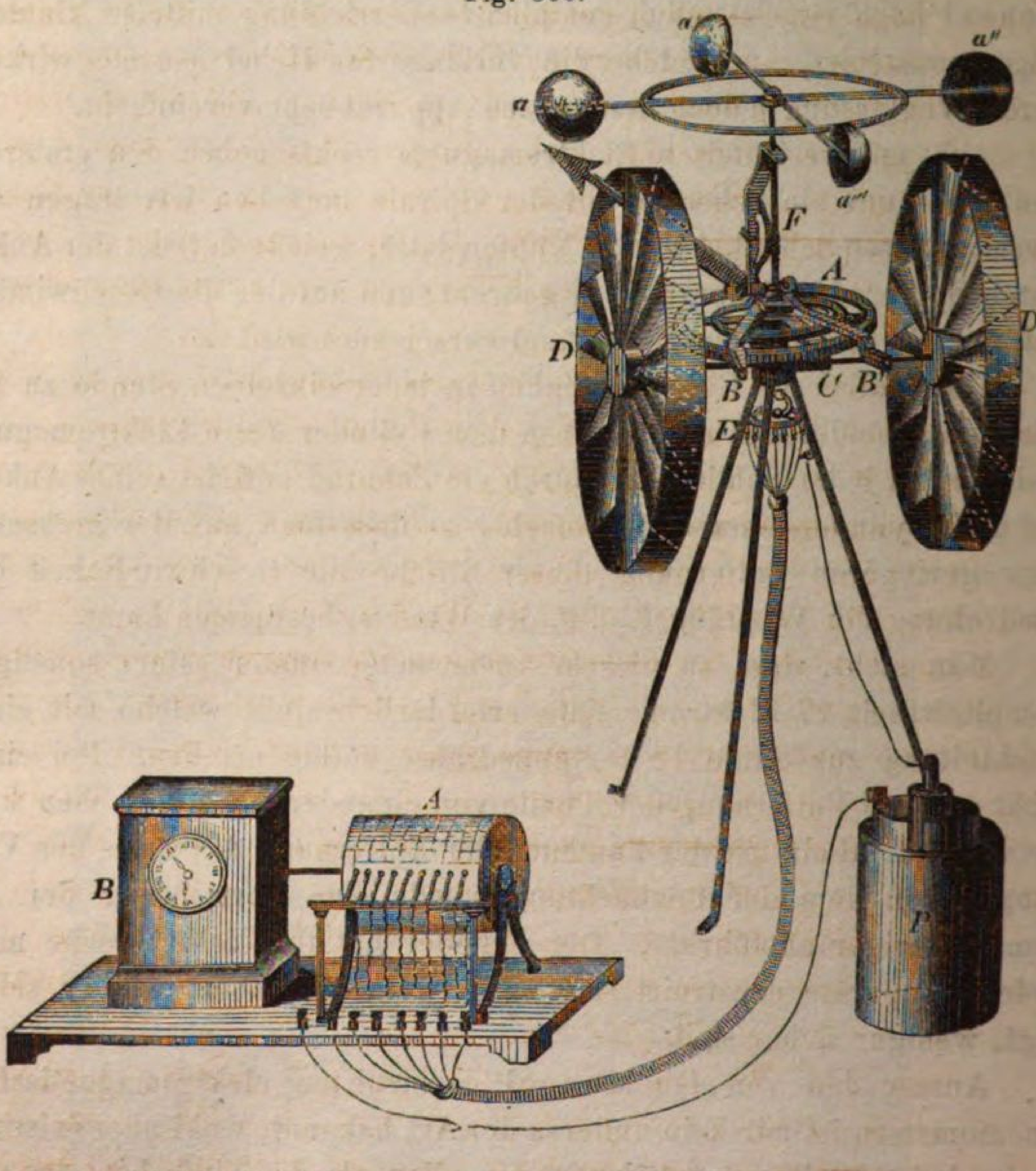
Man sieht, dass zu diesem Anemometer ausser seiner sonstigen Complicirtheit 17 Elektromagnete erforderlich sind, welche mit einer Rückleitung zur Säule 18 Leitungsdrähte nöthig machen. Bei einer nicht grossen Entfernung der Theile von einander wäre dies eben kein Uebelstand, allein mit der Zunahme der Entfernung des Ortes des Vorganges von dem der Beobachtung würde eine Vorrichtung der Art immer weniger ausführbar. Der Erfinder hat für diese Zwecke noch andere Apparate construirt, die zwar einfacher, aber, wie er selbst sagt, weniger sicher sind.

Ausser den von Du Moncel construirten elektromagnetischen Anemometern ist mir kein anderes der Art bekannt, wohl aber existiren noch elektrische, unter denen vor allen als das einfachste das von Wheatstone genannt werden muss.[1]) Auch von Salleron ist ein elektrisches Anemometer construirt, auf dessen registrirendem Cylinder die Zeichen durch 8 Leitungsdrähte mittelst chemischer Zersetzung fixirt werden.[2])

[1]) Du Moncel, App. de l'El. II, p. 399. [2]) Ib., p. 394.

7. Elektrochemisches Anemometer von Salleron.[1] Dieser Apparat ist nach der Angabe Du Moncel's von Salleron ausgeführt, und obgleich derselbe nicht auf elektromagnetischer Wirkung beruht, so halte ich dessen Erwähnung an dieser Stelle doch für geeignet, da er mir einfacher als der vorhergehende erscheint. Die Fig. 395 stellt schematisch seine Einrichtung dar.

Fig. 395.



Im Mittelpunkte des Ringes *A* ist eine senkrechte Axe, von der zwei Arme ausgehen, die zwei Hülsen *B* und *B'* halten. Durch diese Hülsen reicht eine horizontale Axe, die an ihren Enden die beiden grossen Flügelräder *D* und *D'* trägt, deren Schaufeln gegen die Ebene der Räder um 45⁰ geneigt sind. Setzt man nun den Apparat der be-

[1]) Cosmos VIII, 436; Berl. Ber. XII, 619 (1856).

wegten Luft aus, so drehen sich die Räder bis ihre Ebenen der Windrichtung parallel stehen. Diese Stellung soll verzeichnet werden, und deshalb hat die Axe ein Rädchen, welches bei der Drehung der Flügel über eine Scheibe rollt, die aus 8 von einander isolirten Segmenten besteht, welche den acht Haupteinrichtungen der Windrose entprechen. Von jedem Segmente geht ein Leitungsdraht nach dem Registrircylinder *A* links, wie die Figur zeigt. Der Cylinder wird durch die danebenstehende Uhr *B* in Rotation erhalten. Während der eine Pol der Säule nach der Scheibe mit den Segmenten führt, verbindet der Leitungsdraht von dem anderen Pole den Cylinder mit der Säule. Aus diesen Daten wird die Haupteinrichtung klar, und man erkennt zugleich, dass, wenn das die Segmente schleifende Rädchen zwischen zweien derselben steht, zugleich auf zwei der Leitungsdrähte der Strom nach dem Cylinder telegraphirt wird, so dass nicht nur 8, sondern auch noch deren Mittelrichtungen angezeigt werden.

Zum Markiren der Geschwindigkeit des Windes sind, wie bei dem Anemometer von Robinson, an der Axe *F* vier Arme angebracht, die an ihren Enden halbkuglige Schalen a, a', a'', a''' tragen, deren Höhlungen so stehen, dass die auf einander folgenden von einander abgekehrt sind. Aus der Geschwindigkeit, mit der nun diese Axe *F* sich dreht, lässt sich die Geschwindigkeit des Windes ermitteln, und deshalb ist mit derselben ein Zahnrad verbunden, das in eine Schraube ohne Ende eingreift, so dass mit dem Fortrücken um einen Zahn die Welle *F* sich einmal um sich selbst gedreht hat. Eine solche Umdrehung entspricht in dem vorliegenden Falle einem Wege der Luft von vier Metern, so dass eine ganze Umdrehung des Zahnrades einem Wege von einem Kilometer entspricht. Von dem Rade führt ebenfalls ein Leitungsdraht nach dem Markircylinder, und so wird durch die Umdrehung des Zahnrades auch die Geschwindigkeit der Luftströmung registrirt.

§ 2.

Elektromagnetische Apparate zu anderen wissenschaftlichen Zwecken.

1. **Foucault's Pendel.** Im Jahre 1851 lieferte Foucault mittelst des Pendels den Beweis der Axendrehung der Erde.[1]) Bekanntlich hat dieser Beweis darin seine Begründung, das ein frei schwingendes Pendel seine Schwingungsebene beibehält, während sich sein Aufhänge-

[1]) Compt. rend. T. XXXII, p. 135; Pogg. Ann. 82, p. 458.

punkt allmälig um seine Axe dreht. Veranschaulicht wird dieser Vorgang dadurch, dass man unter dem schwingenden Pendel einen getheilten Kreis aufstellt, dessen Centrum sich senkrecht unter dem Aufhängepunkte des Pendels befindet. Da nun mit der Drehung der Erde um ihre Axe dieser getheilte Kreis an jedem Punkt der Erdoberfläche ausser unter dem Aequator sich auch theilweis um sein Centrum dreht, während die Schwingungsebene des Pendels nicht dieser Drehung folgt, so muss diese Abweichung sich durch das Fortschreiten des Pendels über den einzelnen Graden des Theilkreises bemerklich machen.

Damit die Schwingungen des Pendels nicht zu bald unmerklich werden, muss man entweder ein möglichst langes und schweres Pendel anwenden, oder man muss auf ein Mittel sinnen, die Schwingungen über die gewöhnlichen Gränzen hinaus dauernd zu machen. Zu diesem letzten Zwecke dient wieder der Elektromagnetismus, und der Entdecker der genannten Erscheinung hat auch den Apparat zur Erhaltung der Schwingungen angegeben.[1]) An diesen Apparat müssen folgende Anforderungen gestellt werden:

1) der Apparat muss bei jeder beliebigen Schwingungsebene des Pendels in gleicher Weise auf dasselbe wirken;

2) er muss stets während des Falles des Pendels, nicht aber beim Aufsteigen desselben wirken;

3) Damit das Pendel in seinem Gange nicht gestört werde, muss es nicht durch Berührung, sondern aus der Entfernung auf den Commutator wirken.

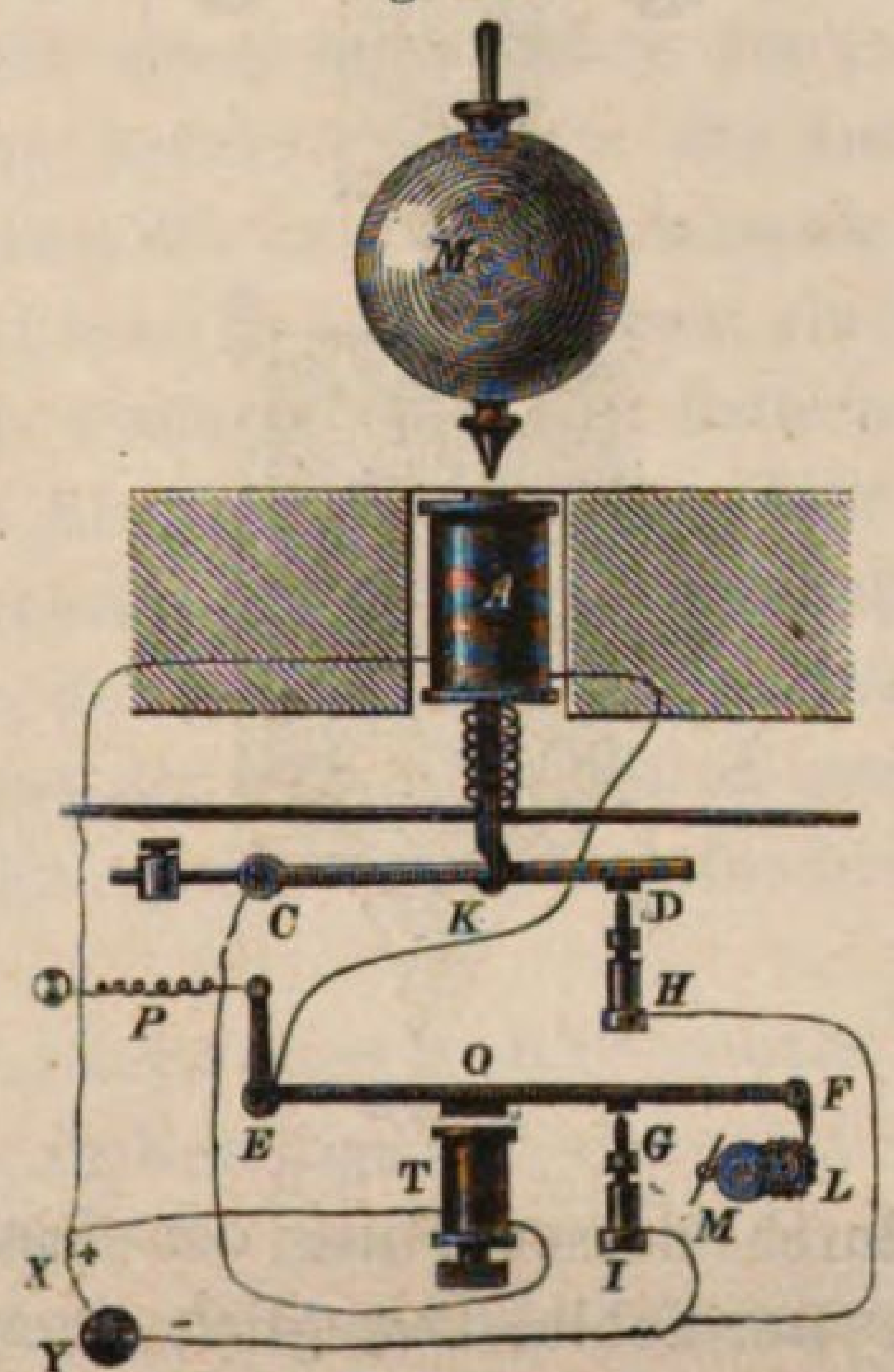
Diese Bedingungen erfüllte Foucault in folgender Weise.

Das Pendel besteht aus einem 11^{m} langen Draht, an dessen Ende eine Kugel *M* (Fig. 396) aus weichem Eisen von 20^{cm} Durchmesser befestigt ist. Unter dieser Kugel befindet sich im Centrum des Theilkreises, also senkrecht unter dem Aufhängepunkte des Pendels, ein senkrecht stehender gerader Elektromagnet *A*, der in seiner Hülle beweglich ist. Soll nun dieser Magnet die Kugel *M* nur beim Fallen anziehen, so muss der galvanische Strom jedesmal unterbrochen werden, wenn die Kugel über dem Kerne ankommt und darf erst wieder geschlossen werden, wenn dieselbe ihre höchste Stellung bereits erreicht hat. Zu diesem Zwecke trägt der Magnet unten mittelst eines Hakens *K* einen Hebel *CD*. Dieser Hebel berührt, wenn der Magnet nicht gehoben ist, den Contakt *H*, nach welchem der Strom von der Säule *V*

[1]) Du Moncel, App. de l'El. II, p. 461.

aus geleitet ist, während der andere Pol der Säule zu dem Hebel *C D* führt. In diesem Falle circulirt also der Strom durch den Hebel und durchfliesst gleichzeitig auf dem Wege die Spiralwindungen eines zweiten Elektromagneten *T*, welcher nun den Hebel *E F* anzieht. Findet dies statt, so greift der am Ende des Hebels befindliche Haken *F* in das Zahnrad, welches mittelst eines Getriebes einen Windfang *M* dreht. Dadurch sinkt dieser Hebel nur langsam, bis er endlich in *G* einen Contakt bewirkt, welcher die Stromverbindung über *I G O E*, die Windungen des Magneten *A* und nach der Säule zurück herstellt. Dadurch

Fig. 396.



sind nun beide Magnete in Thätigkeit, und der Magnet *A* wirkt anziehend auf die Kugel *M*. Ist diese dem Magneten nahe gekommen, so hebt sie denselben und mit ihm den Haken *K*. Dadurch wird der Strom bei *D* und also auch in der Spirale *T* unterbrochen, der Hebel *E F* wird von der Feder *P* in die Höhe gezogen und somit auch der Strom in *A* aufgehoben, und die Kugel *M* steigt nun ungehindert in die Höhe. Dabei fällt der unmagnetisch gewordene Elektromagnet wieder herab, und das Räderwerk bei *L* wird in Bewegung gesetzt. Ordnet man nun die Geschwindigkeit der Räder so, dass sie gerade bis zum Schluss des Contaktes bei *G* die Zeit ausfüllen, bis die Kugel des Pendels ihren höchsten Punkt erreicht hat, so sind alle die vorn genannten Bedingungen für den gleichmässigen Gang des Pendels erfüllt. Man kann auf diesem Wege auch ein Pendel von geringeren Dimensionen denselben Zweck erfüllen lassen.

Hat übrigens das Pendel viel geringere Dimensionen, so ist es wichtig die Aufhängung desselben so beweglich wie möglich zu machen. Du Moncel[1]) schlägt zu diesem Zwecke eine Aufhängung vor, wie sie Fig. 397 darstellt. Dieselbe besteht aus einem unbeweglichen Theile *AB*, welcher an der Decke eines Zimmers befestigt wird, und dessen unterer conischer Theil *C* aus Achat oder gehärtetem Stahle besteht. Auf diesem Theile ruht dann ein anderer hohler Conus, ebenfalls aus

Fig. 397.



gehärtetem Stahl, durch dessen Mitte der feste Träger des festen Conus hindurchführt. Der hohle, bewegliche Conus ist dann mit einem Gestell *E D F G H* verbunden, welches bei *G* das eigentliche Pendel aufnimmt.

2. Elektromagnetisches Seismometer von Palmieri. Dieser Apparat besteht aus zwei Vorrichtungen, deren eine die Erdstösse in vertikaler, deren andere solche in horizontaler Richtung anzuzeigen bestimmt ist. Der erstere besteht in einer feinen Spirale aus Messingdraht, welche am Ende einer Stahlfeder so aufgehängt ist, dass sie mit ihrem unteren Ende, das in einem kleinen Platinconus endet, sich dicht über einem Quecksilberniveau befindet. Bei der geringsten Schwankung des Boden von oben nach unten kommt nun die Platinspitze mit der Quecksilberfläche in Berührung und schliesst eine galvanische Kette, in deren Kreis ein Elektromagnet eingeschaltet ist. Dieser

[1]) Du Moncel App. de l'El. II, p. 465

zieht dann einen Anker an, der durch seine Bewegung einerseits eine Secundenuhr zum Stillstande bringt und andererseits eine Alarmglocke auslöst, so dass genau die Zeit des Stosses später beobachtet werden kann, als auch das Eintreten der Erscheinung hörbar gemacht wird.

Die andere Vorrichtung, welche die Stösse in horizontaler Richtung anzuzeigen hat, besteht aus vier Uförmig gekrümmten Glasröhren, welche im Grunde Quecksilber haben. Sie sind vertikal aufgestellt, so dass zwei von ihnen in nord-südlicher Richtung, die beiden anderen senkrecht darauf stehen. Auf der einen Seite dieser Röhren führt in dieselbe ein Platindraht bis zu Berührung mit dem Quecksilber, während auf der anderen Seite einer jeden Röhre der Draht bis dicht an die Quecksilberoberfläche heranreicht. Da die Drähte die Enden einer Batterie bilden, so muss die geringste horizontale Bewegung der Röhren in der Richtung der Ebene in der sie stehen, ein Schwanken des Quecksilbers und dadurch einen Schluss der Batterie bewirken, wodurch dann mittelst eines Elektromagneten eine Uhr angehalten und eine Glocke zum Tönen gebracht wird. Ein in den Röhren gleichzeitig angebrachter Schwimmer, der nicht wieder zurückgleiten kann, zeigt ausserdem an, durch welche der Röhren der Strom geschlossen worden war, d. h. in welcher Richtung der Stoss stattgefunden hatte.

3. Elektromagnetisches Sphärometer von Du Moncel. [1]) Um die Uebelstände zu beseitigen, welche bei gewöhnlichen Sphärometern dadurch entstehen, dass man beim Drehen den Moment überschreitet, in welchem die herabgedrehte Mikrometerschraube das Maassobjekt berührt, wendet Du Moncel folgendes Mittel an.

Auf das Maassobjekt wird eine leicht gewölbte kleine Platinplatte gelegt, deren Dicke zuvor genau bestimmt ist. Dieselbe steht in Verbindung mit einer zu einem Elektromagneten führenden Leitung, welche den einen Pol einer schwachen galvanischen Säule aufnimmt, während der andere Pol zu der gewöhnlichen Mikrometerschraube führt. Diese Mikrometerschraube steht in Verbindung mit einem Zahnrade, welches wenigstens 10 Umdrehungen bei einer Umdrehung der Schraube macht. Der Anker des Elektromagneten trägt einen Sperrhaken, welcher beim Schluss der Batterie sogleich das Zahnrad und mit ihm die Umdrehung der Mikrometerschraube hemmt. Dieser Schluss der Säule tritt ein, wenn die herabgedrehte Schraube die vorn genannte Platinplatte berührt. Man sieht ein, dass es in dieser Weise nicht möglich ist, die

[1]) Du Moncel App. de l'El. II, p. 466.

Schraube zu weit zu drehen, was bei den gewöhnlichen Sphärometern sehr leicht vorkommt.

4. Der magnetoelektrische Wasserstandszeiger von Siemens und Halske.

1. Der Stromerzeuger. Im Jahre 1866 haben die genannten Physiker einen Apparat construirt, der eine Arbeit ausführt, die in manchen Fällen von Wichtigkeit ist, und deshalb wohl nähere Beachtung verdient. Besonders aber ist die telegraphische Eigenschaft von Wichtigkeit, welche dieser Apparat besitzt, in Folge deren er einen Vorgang nicht allein an Ort und Stelle, sondern auch auf jeder beliebigen Station anzuzeigen im Stande ist.

Man denke sich über ein Stirnrad eine Schartenkette gelegt, welche auf der einen Seite einen hölzernen Schwimmer, auf der anderen ein Gewicht trägt, das dem Schwimmer das Gleichgewicht hält. Der Schwimmer steigt und fällt mit dem Wasserstande, und dreht in diesem Falle das Stirnrad. Die Axe dieses Rades trägt ausserdem ein anderes Zahnrad R, das in ein drittes r eingreift, welches auf der Axe des Ankers eines Cylinder-Magnetinductors sich befindet, wie er vorn im II. Abschnitt § 4 No. 6 beschrieben ist.

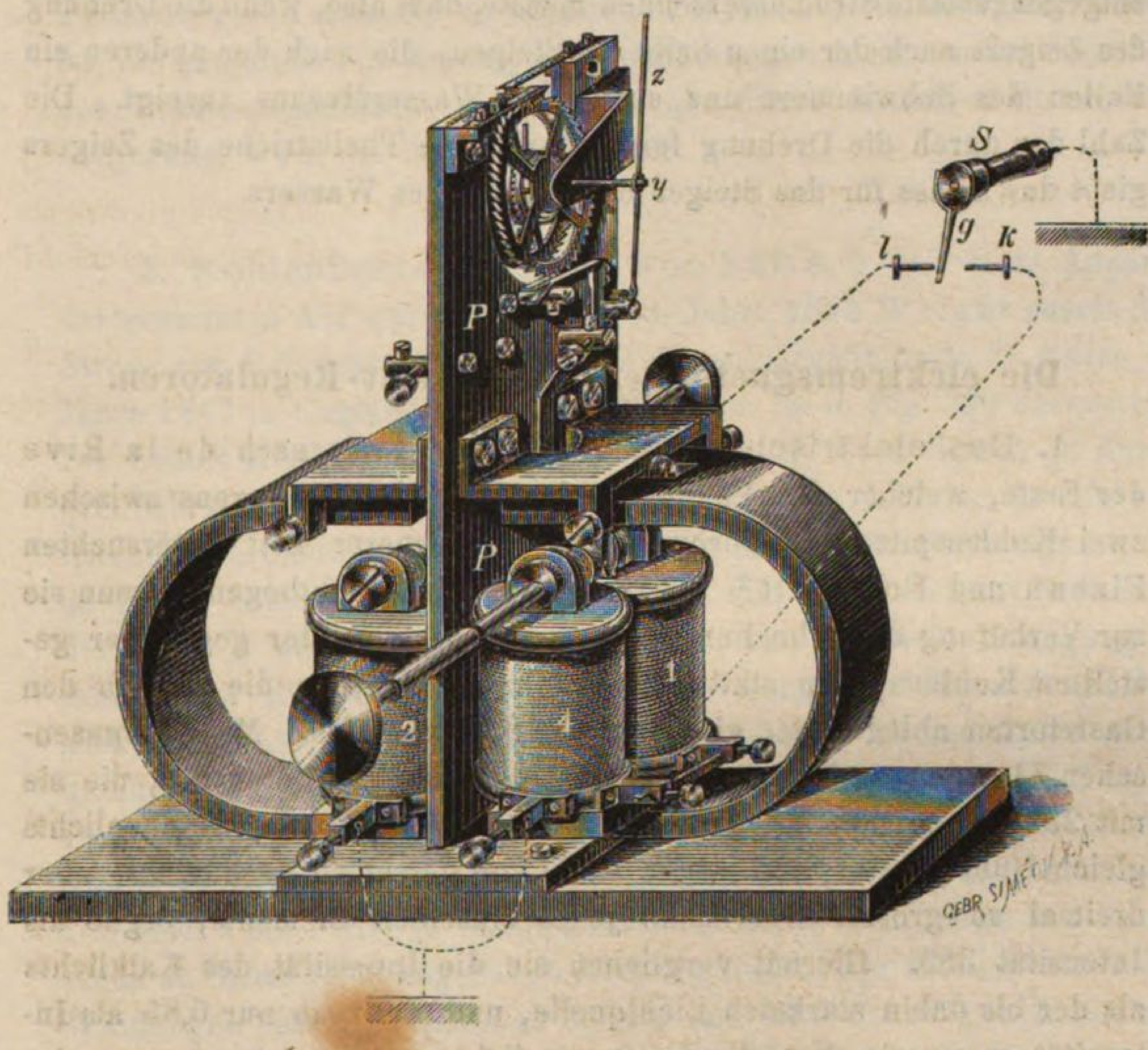
Durch die langsame Drehung des Rades r beim Steigen oder Fallen des Schwimmers, wird eine auf derselben Axe befindliche Spiralfeder gespannt, die ausgelöst wird und den Inductoranker zurückschnellt, wenn derselbe um eine ganze Umdrehung vor- oder rückwärts bewegt war. Der Anker schnellt alsdann in seine Ruhelage zurück, und erzeugt dadurch zwei Induktionsströme von entgegengesetzter Richtung, welche auf einer andern Station einen Magnetzeiger in Bewegung setzen. Der Umwindungsdraht des Ankers ist einerseits mit dem Gestell d. h. mit der Erde verbunden, während das andere Ende nach einem isolirten Stifte führt, welcher gegen zwei Contakte schlägt, die die beiden entgegengesetzten Ströme auf der einen oder anderen Leitung nach der anderen Station bringen.

Wenn nun der Umfang des Kettenrades einen Fuss beträgt, und die Radien der Räder R und r sich wie 5 : 1 verhalten, so muss beim Steigen oder Fallen des Wassers um $^1/_5$ Fuss der Stromgeber in die eine oder andere Leitung zwei kurze auf einander folgende Ströme schicken, die auf der anderen Station ein Bewegen des Zeigers nach vor- oder rückwärts bewirken.

2. Der Zeigerapparat. Die Fig. 398 stellt den Apparat dar, welcher auf der anderen Station die Drehung des Inductorankers auf

der Beobachtungsstation angiebt. Dieser Apparat besteht aus zwei combinirten Magnetzeigern *1* und *2*, die gemeinschaftlich auf eine Axe *y*, aber in entgegengesetzter Richtung wirken. Die Construction der Drehvorrichtung ist auf beiden Seiten der Platte *P P* gleich, nur dreht der Magnet der einen Seite das Zahnrad ϱ' in entgegengesetzter Richtung, wie der auf der sichtbaren Seite das Zahnrad ϱ. Diese Drehung wird in folgender Weise bewirkt. Ein von dem Magneten *1* heraufreichender

Fig. 398.



Arm trägt eine Feder *f* mit einem Sperrzahn, welcher in das Sperrrad ϱ eingreift, eine zweite Feder *s* verhindert das Zurückgehen dieses Sperrrades, sobald eine Bewegung des Armes der Feder *f* das Zahnrad um einen Zahn nach rechts geschoben hat. Da nun die Axe des Sperrrades zugleich den Zeiger *z* trägt, so muss dieser gleichfalls mit diesem Rade ϱ gedreht werden.

Die beiden Sperrräder ϱ und ϱ' sind nun aber so mit einander verbunden, dass bei der Drehung des einen das andere nicht mitgedreht wird, wohl aber wird der Zeiger *z* durch das andere in entgegengesetzter

Richtung gedreht. Kommt also ein Strom von der Beobachtungsstation vom dem dem hinteren Inductor entsprechenden Contakt nach dem Sperrrade ϱ', so wird der Zeiger nach der der vorher angegebenen Richtung entgegengesetzten Seite gedreht, als einer, welcher das vordere Sperrrad in Bewegung setzte. Nun wissen wir aber aus der Beschreibung des Stromerzeugers, dass die entgegengesetzten Ströme durch Sinken oder Steigen des Schwimmers entstehen, d. h. dass dadurch der Inductoranker nach rechts oder links gedreht wurde, und also auch entgegengesetzte Ströme versenden musste, dass also, wenn die Drehung des Zeigers nach der einen Seite ein Steigen, die nach der anderen ein Fallen des Schwimmers und somit des Wasserniveaus anzeigt. Die Zahl der durch die Drehung fortgeschrittenen Theilstriche des Zeigers giebt das Maass für das Steigen oder Fallen des Wassers.

§ 3.

Die elektromagnetischen Kohlenlicht-Regulatoren.

1. Das elektrische Licht. H. Davy war nach de la Rive der Erste, welcher das Phänomen des Volta'schen Bogens zwischen zwei Kohlenspitzen hervorbrachte.[1] In neuerer Zeit untersuchten Fizeau und Foucault[2] die Intensität dieses Lichtbogens, wenn sie zur Verhütung der schnellen Verbrennung der einander gegenüber gestellten Kohlenspitzen statt der gewöhnlichen Kohle die sich in den Gasretorten ablagernde, glasharte Kohle anwandten. Mit 46 Bunsenschen Elementen erhielten diese Physiker eine Lichtintensität, die sie mit 235 bezeichnen mussten, wenn die Lichtstärke des Sonnenlichts gleich 1000 gesetzt wird. Eine Säule von derselben Becherzahl, aber dreimal so grosser Oberfläche jedes einzelnen Elements, ergab als Intensität 385. Hiermit verglichen sie die Intensität des Kalklichts als der bis dahin stärksten Lichtquelle, und es ergab nur 6,85 als Intensität, wenn wir ebenfalls das Sonnenlicht = 1000 setzen.

Ein solches Resultat erregte die lebhaftesten Hoffnungen auf die Anwendung dieses Mittels zur Beleuchtung, und man ist seit der Zeit unablässig um die Verwirklichung einer solchen Beleuchtung bemüht. Aber es haben sich der Ausführung dieses Vorhabens Schwierigkeiten entgegengestellt, die bis jetzt noch unüberwindlich geblieben sind.

Da der Lichtbogen aus glühenden Theilchen besteht, die von den Kohlenspitzen fortgeführt werden, so muss die Länge dieser Spitzen

[1]) Pogg. Ann. 76, p. 272. [2]) Pogg. Ann. 63, p. 463.

beständig verringert werden, und sie entfernen sich aus diesem Grunde allmälig immer mehr von einander. Soll daher das Licht nach einiger, nicht sehr langer Zeit nicht wegen der zu grossen Entfernung der Spitzen verlöschen, so muss eine Einrichtung getroffen werden, mittelst der diese Spitzen in dem Maasse, wie sie sich verkürzen, einander näher gerückt werden.

Wäre diese Verkürzung der Spitzen gleichmässig, so würde eine einfache mechanische Vorrichtung hinreichen, die Spitzen stets in gleicher Entfernung von einander zu erhalten. Da jedoch, wie leicht einzusehen ist, die genannte Verkürzung unregelmässig geschieht, so hat man sich des Elektromagnetismus bedient, welcher durch denselben Strom hervorgerufen wird, der das Licht bewirkt.

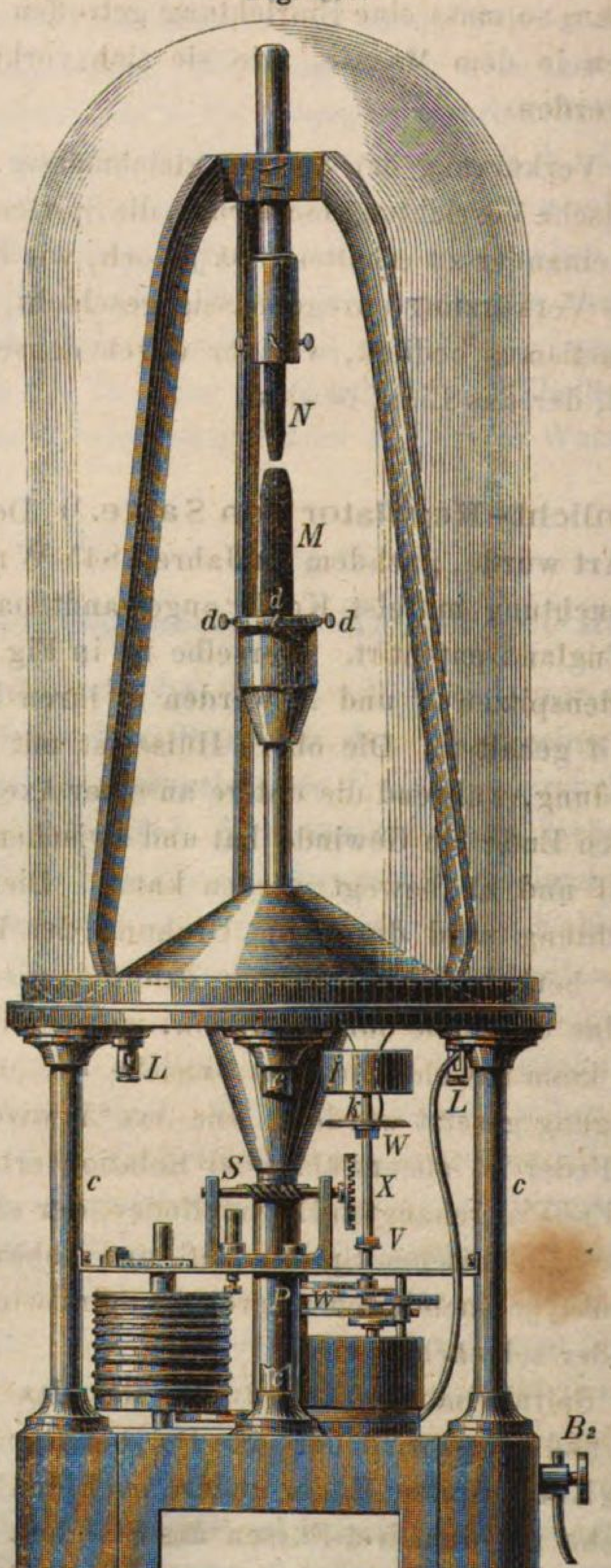
2. **Kohlenlicht-Regulator von Saite.**[1]) Der erste Apparat der genannten Art wurde, nachdem im Jahre 1845 Wright zuerst den Strom zur Beleuchtung mittelst Kohle angewandt hatte,[2]) Saite im Jahre 1847 in England patentirt. Derselbe ist in Fig. 399 dargestellt. Die beiden Kohlenspitzen *M* und *N* werden in ihren Hülsen je durch drei Schrauben *d* gehalten. Die obere Hülse ist mit dem Dreifuss in leitender Verbindung, während die untere an einer Axe befestigt ist, die an ihrem unteren Ende ein Gewinde hat und zwischen zwei Nuthen in der Hülse *P* auf und ab bewegt werden kann. Diese Bewegung in senkrechter Richtung wird durch die Drehung der Hülse *P* um ihre senkrechte Axe herbeigeführt. In ein Zahnrad dieser Hülse greift nämlich bei *S* eine Schraube ohne Ende ein, welche ein Kronrad trägt. Dieses Kronrad kann sowohl von dem Getriebe *W*, als von *V* an der Axe *X* in Bewegung gesetzt werden. Die Axe *X* wird aber durch ein Uhrwerk *I* mit Feder in immerwährender Rotation erhalten und durch einen an ihrem Ende angehängten Eisencylinder, der sich innerhalb der Windungen einer galvanischen Spirale auf- und abbewegen kann, gehoben oder gesenkt, je nachdem der durch die Spiralwindungen gehende Strom stärker oder schwächer wird.

Durch die Spiralwindungen wird nun der das Licht erregende Strom geleitet, und zwar wird der eine Pol bei B_2 nach der Hülse *P* und der unteren Kohlenspitze *M*, der andere nach den Klemmschrauben *L* geleitet, welche mit den drei Füssen des Ständers in leitender Verbindung sind, der die Spitze *N* trägt. Sind nun die Kohlenspitzen mit

[1]) Dingler's Journ. 108, p. 344. [2]) Dingler's Journ. 106, p. 267.

einander in Berührung, und man schliesst dann die etwa aus 100 Elementen bestehende Säule, so wird der Eisencylinder an der Ver-

Fig. 399.



längerung der Axe X gehoben, weil die ihn umgebende Spirale von dem geschlossenen Strome durchflossen wird. Dadurch greift das

untere Getriebe *V* in das Kronrad, welches nun in Rotation versetzt wird und mittelst der Schraube *S* ohne Ende die Hülse *P* in der Richtung in Drehung versetzt, dass die untere Kohlenspitze herabgeschraubt wird. So entfernen sich die beiden Spitzen von einander, und es entsteht das Licht. Zugleich aber wird durch die Entfernung der Spitzen von einander der galvanische Strom bedeutend geschwächt, und die von ihm durchflossene galvanische Spirale lässt den die Axe *X* verlängernden Eisencylinder sinken. Dadurch wird das untere Getriebe von den Zähnen des Kronrades entfernt, und die Rotation desselben, und mit ihr die Bewegung der Kohlenspitze hört auf. Ist nun das Gewicht des Eisencylinders so gegen die Anziehungskraft der Spirale ausgeglichen, dass in dieser Stellung der Cylinder nicht weiter sinkt, so muss die bestehende Entfernung der Kohlenspitzen und mit ihr das Licht fortdauern. Da nun aber durch das Licht die Kohlenspitzen verbraucht werden, so wird während der Dauer desselben ihre Entfernung von einander immer grösser, und also der Strom allmälig schwächer. In Folge dieser fortschreitenden Schwächung sinkt nun aber der Eisenkern mit der Axe *X* weiter, bis das obere Getriebe *W* in das Kronrad eingreift und nun dasselbe in entgegengesetzter Richtung dreht, so dass dadurch die untere Kohlenspitze wieder gehoben, der Strom wieder stärker, und dadurch das obere Getriebe wieder von dem Kronrade entfernt wird.

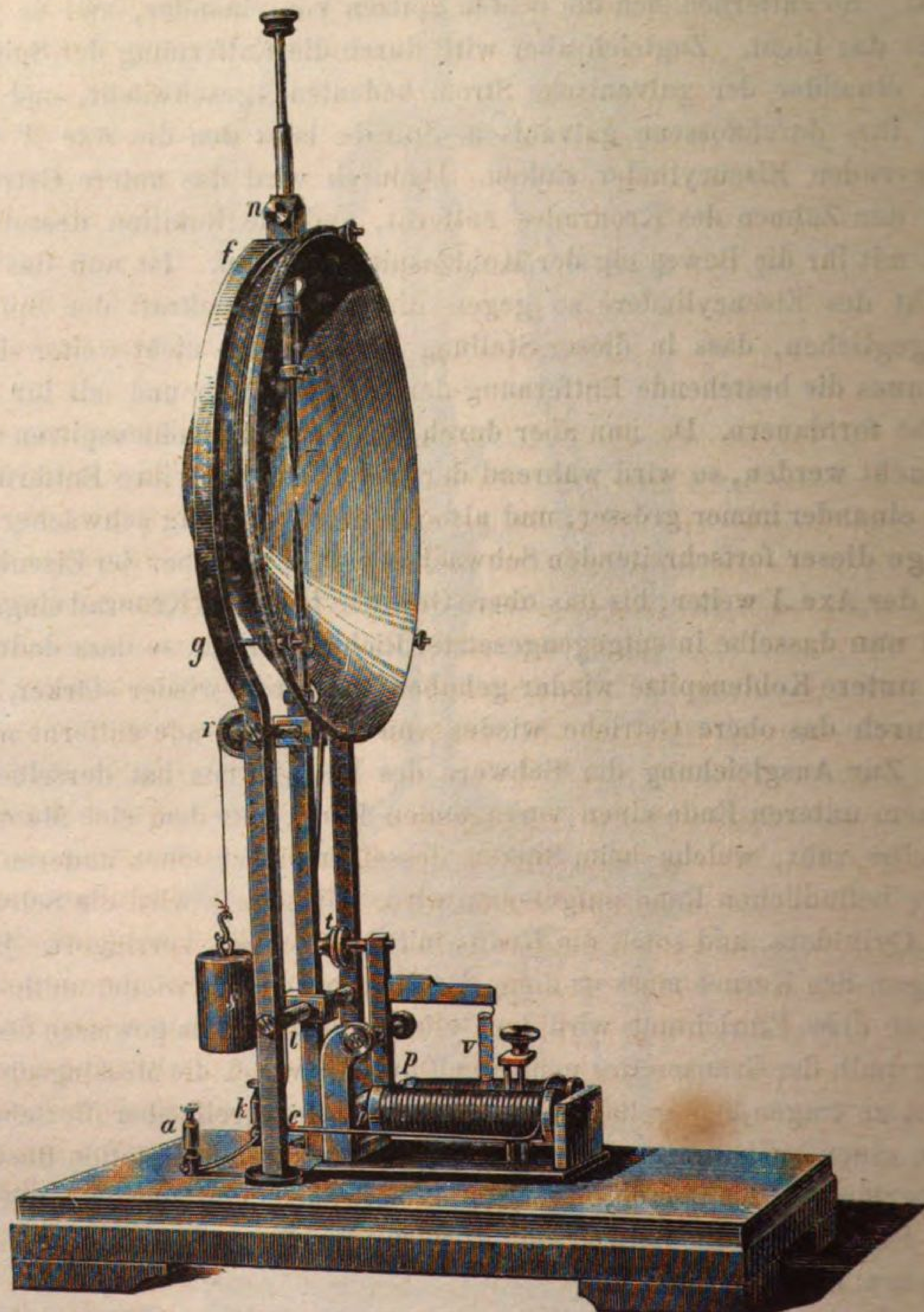
Zur Ausgleichung der Schwere des Eisenkernes hat derselbe an seinem unteren Ende einen vorragenden Rand, auf dem eine Messingscheibe ruht, welche beim Sinken desselben durch einen anderen zur Seite befindlichen Rand aufgehoben wird. Hierdurch wird die Schwere des Cylinders, und somit die Kraft, mit der er sinkt, verringert. Beim Steigen des Kernes muss er dann die Messingscheibe wieder mitheben. Durch diese Einrichtung wird der Cylinder bis zu einem gewissen Grade innerhalb der Gränzen des neutralen Punktes, wo er die Messingscheibe nicht zu tragen hat, gehalten. In dieser Stellung greift aber die Scheibe *K* in einen Aufhalter ein, welcher die immerwährende Rotation der Axe *X* verhindert, bis in Folge des Kohlenverbrauchs eine neue Regulirung der Entfernung der Spitzen nöthig wird, welche, wie man sieht, der Apparat selbst herbeiführt.

Einrichtungen ähnlicher Art sind in den Jahren 1848 und 1849 von Pearce[1]) und von Allman[2]) hergestellt worden, von denen der erstere die Entfernung der Kohlenspitzen durch einen Elektromagneten mittelst eines Ankers regelt, während der andere einen Stahlmagneten

[1]) Dingler's Journ. 114, p. 189. [2]) Ib. 115, p. 424.

durch eine Spirale ablenken, und dadurch die Elektrode heben oder senken lässt.

Fig. 400.



3. Kohlenlicht-Regulator von Stöhrer. Nach einem ähnlichen Princip, aber einfacher, ist ein später von Stöhrer construirter Apparat [1]) hergestellt worden, den die Fig. 400 zeigt.

[1]) Müller Lehrbuch der Physik.

Während die obere Kohlenspitze von einer Schraube auf einem leitenden Ständer *f g k* getragen wird, hebt das Gewicht *s* den Stab *l c* mit der unteren Kohlenspitze in die Höhe. Der Elektromagnet zieht den Anker *p p* an, der durch die Spirale *v* mittelst des Hebelarmes von den Polen zurückgezogen wird. Bei Schliessung der Kette geht der Strom nun durch die sich berührenden Kohlenspitzen, und man muss dieselben erst von einander entfernen, um das Licht zu erhalten. Hierin liegt ein Mangel des Apparates, denn wenn nun auch nach Einleitung des Vorgangs die Schraube *t* mittelst des Ankers gegen den Stab drückt, um ihn nicht steigen zu lassen, so erfordert es doch eine kaum zu erzielende Genauigkeit, dass das Gewicht nicht etwas zu stark wirke und dann die Kohle zu hoch hebe. Für diesen Fall ist dann das Experiment immer ganz unterbrochen und bedarf erst wieder der Nachhülfe.

Der parabolische Spiegel, in dessen Brennpunkt sich das Licht befinden muss, um durch denselben in weite Ferne zu wirken, erinnert an den Mangel, der allen bisher erwähnten Einrichtungen anhaftet. Derselbe besteht darin, dass bei diesen Vorrichtungen das Licht durch den Verbrauch der Kohlenspitzen nicht an demselben Punkte bleibt.

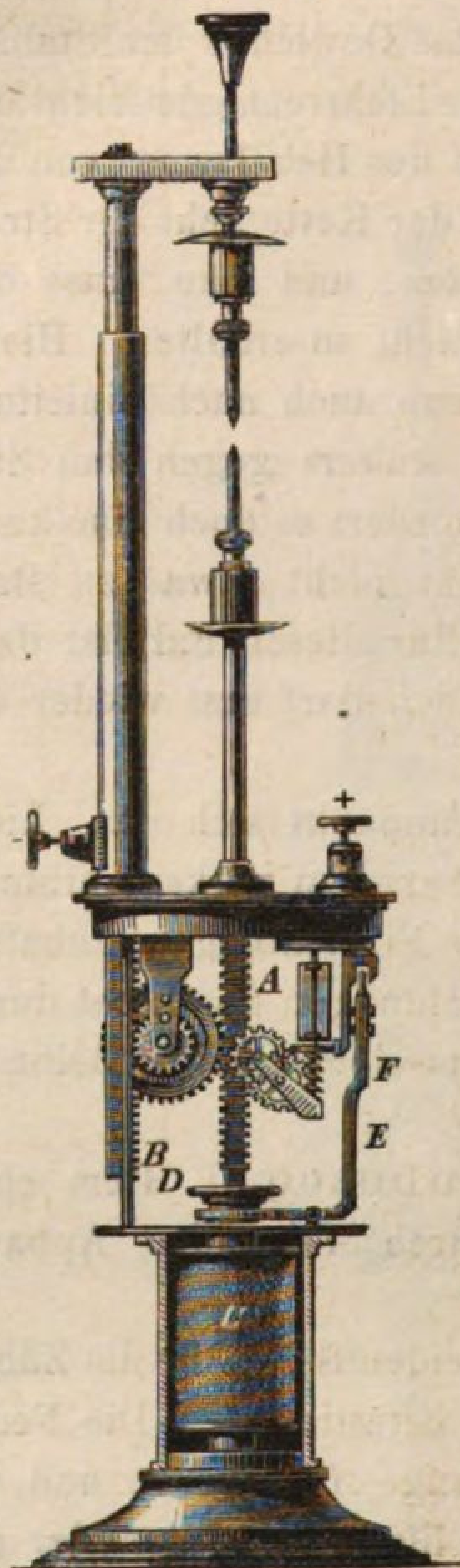
4. Kohlenlicht-Regulator von Duboscq.[1]) Dem eben genannten Uebelstande hilft Duboscp durch folgenden Apparat (Fig. 401) ab.

Zwei Zahnstangen *A* und *B* greifen zu beiden Seiten in die Zähne eines Zahnrades, auf dem ein Federgehäuse befestigt ist. Die Feder hat das Bestreben mittelst des Rades die Stange *A* zu heben und die Stange *B* zu senken, wodurch die beiden Kohlenspitzen einander genähert werden. Die Zahnstange *A* endigt in einem geraden Eisencylinder, der sich innerhalb einer galvanischen Spirale *G* auf- und abbewegen kann. Während nun die Feder die Kohlenspitzen gegen einander bewegt, zieht der durch die Spirale *C* gehende Strom sie auseinander, indem er den Magnetkern nach der Mitte dei Spirale zu führen strebt. Man sieht ein, dass durch Anwendung der richtigen Verhältnisse von Wirkung und Gegenwirkung auf diese Weise die Stellung der Spitzen gegen einander geregelt werden kann.

Soll nun aber der Punkt, wo sich das Licht befindet, stets an derselben Stelle bleiben, so muss, weil die Spitze des positiven Poles doppelt so schnell verbraucht wird, als die des negativen, die eine

[1]) Compt. rend. 1850 No. 24.

Fig. 401.



der Zahnstangen sich doppelt so weit in der einen Richtung bewegen, als die andere in der entgegengesetzten. *Zu* diesem Zwecke trägt die Axe des Zahnrades noch ein zweites, mit ersterem fest verbundenes Zahnrad, welches, wie die Figur zeigt, nur halb so grossen Durchmesser hat. Auf diese Weise wird die den positiven Pol leitende Zahnstange *A* doppelt so schnell nach oben, als *B* nach unten geführt.

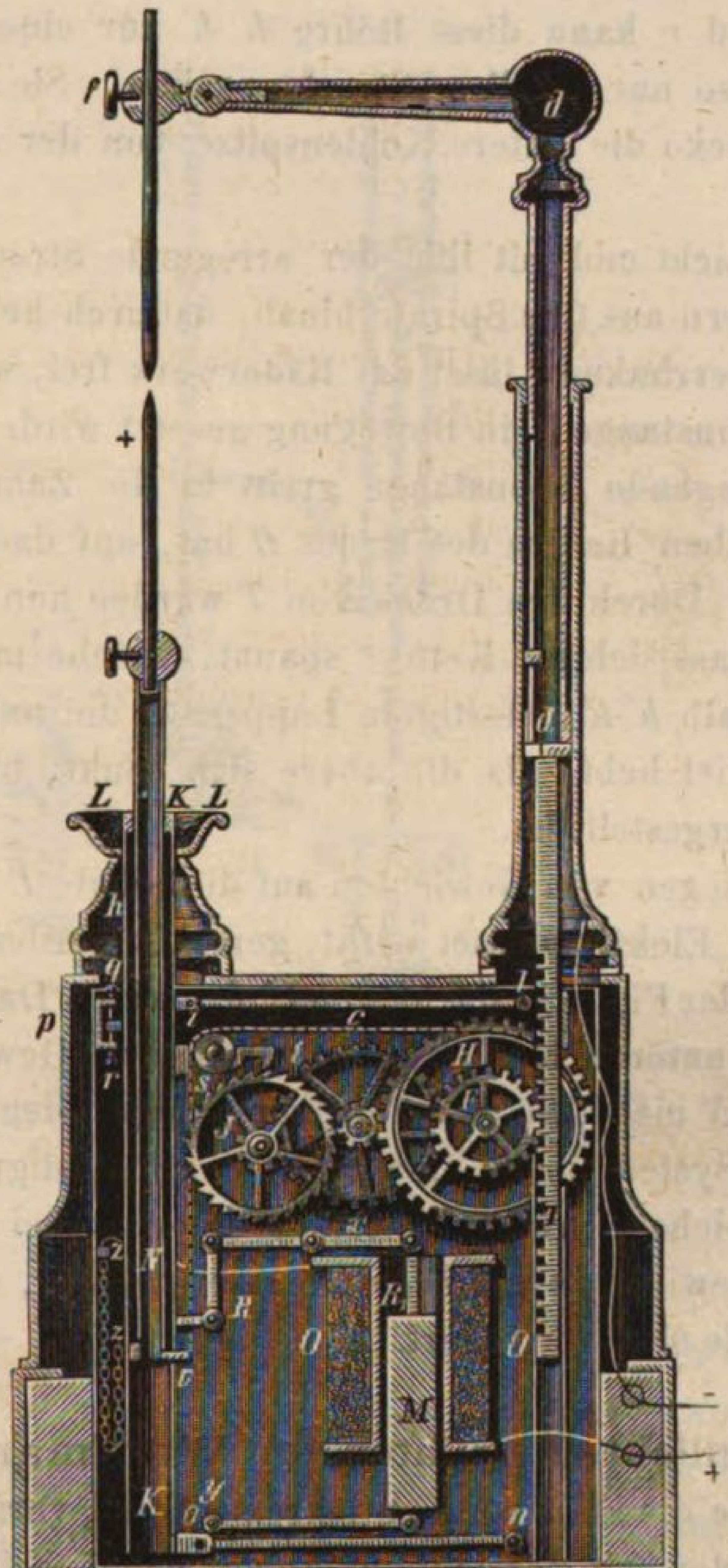
Es wäre nun aber nach der oben beschriebenen Vorrichtung schwer, die richtige Stellung genau inne zu halten, deshalb ist die Einrichtung des Erfinders noch etwas complicirter. Es ist nämlich nicht der Eisenkern innerhalb *C* beweglich, sondern dieser trägt oben einen Anker *D*, dessen Arm mittelst eines Hebels in ein Räderwerk eingreift, das ebenfalls durch die Zahnstange *A* in Bewegung gesetzt wird. Wird der Anker *D* angezogen, so drückt der mit ihm verbundene Winkelhebel *E* einen Sperrhaken *F* gegen eines der Zahnräder und hemmt so den Gang des Werkes, bis der zu schwache Strom den Anker wieder los- und damit das Werk wieder frei lässt.

5. Kohlenlicht-Regulator von Serrin.[1]) Bei der eben beschriebenen Lampe von Duboscq hat der Elektromagnet eine Aufgabe, die er nach der dabei vorhandenen Einrichtung nicht genügend zu lösen im Stande ist, zu der er aber durch eine später construirte Einrichtung von Serrin befähigt wird. Bei dieser Lampe, welche die Fig. 402 darstellt, bewirkt der Elektromagnet sowohl die Entfernung der Elektroden, wenn sie sich berühren, als auch die Annäherung derselben bei schwächer werdendem Strome. Es wird dies auf folgende Weise erreicht:

[1]) Du Moncel, Revue des app. de l'électr. 1857, p. 482. Dingler Journ. 1863, p. 268.

Die Röhre *K K* ist mittelst der beiden um *n* und *l* drehbaren Hebel *n o* und *l i* in senkrechter Richtung beweglich, und ihre Bewegung wird durch den Lappen *p* und die beiden Schrauben *q* und *r* beschränkt. Mit dieser Röhre *K K* steht ferner der um *x* drehbare Hebel an dem

Fig. 402.



Punkte *R* in Verbindung, welcher an der anderen Seite an *R*, den Eisenkern *M* trägt. Dieser Eisenkern wird ausser diesem Hebel noch durch den um *y* drehbaren von unten her geführt, so dass er sich frei von unten nach oben innerhalb der ihn umgebenden Spirale *O O* bewegen kann. Wird nun der Apparat durch Schliessen des Stromes in

Thätigkeit gesetzt, wenn die beiden Kohlenspitzen einander berühren, so wird der Eisenkern *M*, durch dessen Spirale derselbe Strom fliesst, gehoben, und in Folge dessen senkt sich vermittelst der Hebel die Röhre *K K* und also auch die untere Kohlenspitze. Bei der Senkung der Röhre senkt sich zugleich der an ihr befestigte Sperrhaken *t*, greift in das Sperrrad *J* und hemmt so die Bewegung der Räder. Wegen der Schrauben *q* und *r* kann diese Röhre *K K* nur einen Weg von 4^{mm} machen, sich also nur um diese Strecke senken. Sie entfernt dadurch um dieselbe Strecke die untere Kohlenspitze von der oberen, und das Licht tritt auf.

Wird das Licht und mit ihm der erregende Strom schwächer, so fällt der Eisenkern aus der Spirale hinab, dadurch hebt sich die Röhre *K K* und der Sperrhaken *t* lässt das Räderwerk frei, welches durch die Schwere der Zahnstange *T* in Bewegung gesetzt wird. Diese, die obere Kohlenspitze tragende Zahnstange greift in die Zähne des Rades *F*, welches den halben Radius des Rades *H* hat, auf das die Kette *c* aufgewickelt wird. Durch den Druck von *T* werden nun die Räder *F* und *H* so gedreht, dass sich die Kette *c* spannt, welche mittelst des an der Röhre *N* innerhalb *K K* befestigten Lappens *v* die untere Kohlenspitze um doppelt so viel hebt, als die obere sich senkt, bis der verstärkte Strom wieder hergestellt ist.

Durch Auflegen von Gewichten auf die Schale *L L* kann die Kraft, mit welcher der Elektromagnet wirkt, geregelt werden. Der Stromlauf wird aus den in der Figur gezeichneten Linien klar. Damit das durch den Verbrauch der unteren Kohlenspitze verringerte Gewicht des Röhrensystems *K* und *N* nicht die Aequilibrirung gegen den Eisenkern störe, ist an diesem System noch eine Kette *z z* befestigt, deren einzelne Glieder eine solche Schwere besitzen, dass sie bei der Hebung des Rohrs dessen Gewicht in gleichem Maasse erhöhen, als es durch den Verlust an Kohle sich verringert.

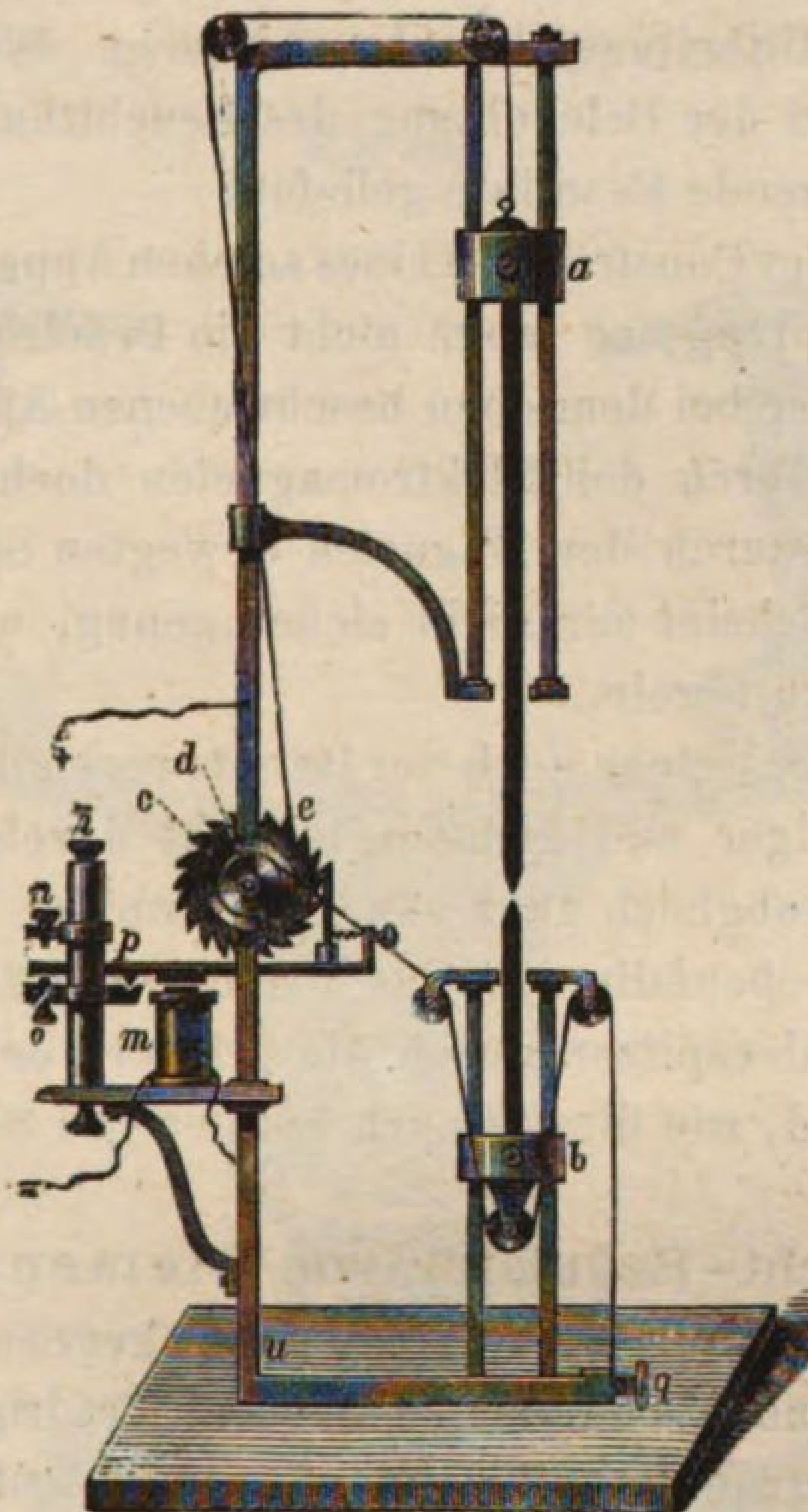
6. Kohlenlicht-Regulator von Wartmann. Auf eine einfachere und, wie die Erfahrung zu lehren scheint, vortheilhaftere Weise hat man in neuster Zeit Vorrichtungen angewandt, bei denen die Halter der Elektroden sich durch ihre eigene Schwere gegen einander bewegen, und der Elektromagnet dazu dient, diese Bewegung zu hemmen und zu reguliren. Nachdem schon früher Breton dieses Princip auf eine etwas complicirte Weise mittelst Anwendung von Hebeln zur

[1]) Archives de Genève T. XXXVI, p. 332. 1857.

Geltung gebracht, construirte im Jahre 1857 Wartmann [1]) die in Fig. 403 dargestellte Vorrichtung.

Die beiden Gewichte *a* und *b*, welche sich zwischen Führungsstangen bewegen, tragen die beiden Kohlenspitzen und werden selbst von Schnüren gehalten, die sich um die beiden auf derselben Axe

Fig. 403.



befestigten Rollen *c* und *d* wickeln, deren Radien sich wie 1 : 2 verhalten. Diese Rollen werden durch die grössere Schwere des oberen Gewichts in Drehung versetzt, wenn nicht der an dem über dem Magneten *m* befindlichen Hebel befestigte Haken dies dadurch verhindert, dass er in die Zähne des auf gleicher Axe mit den Rollen befindlichen Steigrades eingreift. Der den Sperrhaken tragende Hebel ist um den Punkt *p* drehbar und wird durch den Elektromagneten *m* herabgezogen, so lange der das Licht erzeugende galvanische Strom stark genug ist.

Brennen die Kohlenspitzen ab, und wird dadurch der Strom schwächer, so drückt eine in dem Ständer *i* befindliche Feder den

Hebel links von *p* herab; dadurch geht der Sperrhaken in die Höhe, und die Rollen werden frei, worauf das obere Gewicht herabsinkt, und sich gleichzeitig das untere mit halb so grosser Geschwindigkeit nähert, bis der Strom wieder stark genug ist, um mittelst des Sperrhakens die Bewegung zu hemmen. Die beiden Schrauben *n* und *o* beschränken den Hub des um *p* drehbaren Hebels, während die Schraube an dem Sperrhaken zum Vor- und Rückwärtsstellen desselben dient.

Nach einer Mittheilung Wartmann's an Wiedemann[1]) hat dieser Regulator bei der Beleuchtung des Leuchtthurms im Hafen von Genf recht befriedigende Resultate geliefert.

Einfachheit in der Construktion eines solchen Apparates ist unzweifelhaft ein grosser Vorzug, so lange nicht die Präcision darunter leidet. Dies scheint mir aber bei dem eben beschriebenen Apparate in Hinsicht auf die Hemmung durch den Elektromagneten doch der Fall zu sein. Das Eingreifen des durch den Magneten bewegten Sperrhakens in das einzige Steigrad erscheint mir nicht sicher genug, um die Entfernung der Spitzen genau zu regeln.

Diese Regelung, welche doch der Hauptzweck aller dieser Apparate ist, wird zuverlässiger und genauer bewirkt durch eine Lampe von Siemens, welche, obgleich ganz von der Form der Wartmann'schen abweichend, doch ebenfalls auf das Princip gegründet ist, dass die Bewegung der Kohlenspitzen durch die Schwere der Halter derselben hervorgebracht wird, wie dies ja auch bei der von Serrin der Fall ist.

7. Kohlenlicht-Regulator von Siemens. Dieser Apparat ist in Fig. 404 dargestellt. Auf den beiden gegeneinander geneigten Schienenwegen *a* und *a'* befinden sich zwei dreirädrige metallne Wagen, deren jeder eine der Kohlenspitzen trägt, und die auf ihrer Bahn durch zwei über die Rollen am Ende der Schienen laufende Schnüre gehalten werden. Diese Schnüre sind über zwei auf derselben Axe befindliche Rollen gewickelt, deren Radien im Verhältniss von 1 zu 2 stehen. Die Rollen treiben, wenn sie durch die auf den Schienenwegen abwärts laufenden Wagen in Bewegung gesetzt werden, ein einfaches Uhrwerk mit Windfang, dessen Bewegung durch den in das eine der Räder eingreifenden Sperrhaken gehemmt werden kann. Diese Hemmung tritt ein, wenn der in dem Ständer unter dem Uhrwerk befindliche Elektromagnet durch den Strom stark genug geworden ist, um einen kleinen Anker, welcher den Sperrhaken trägt, anzuziehen. Der galvanische

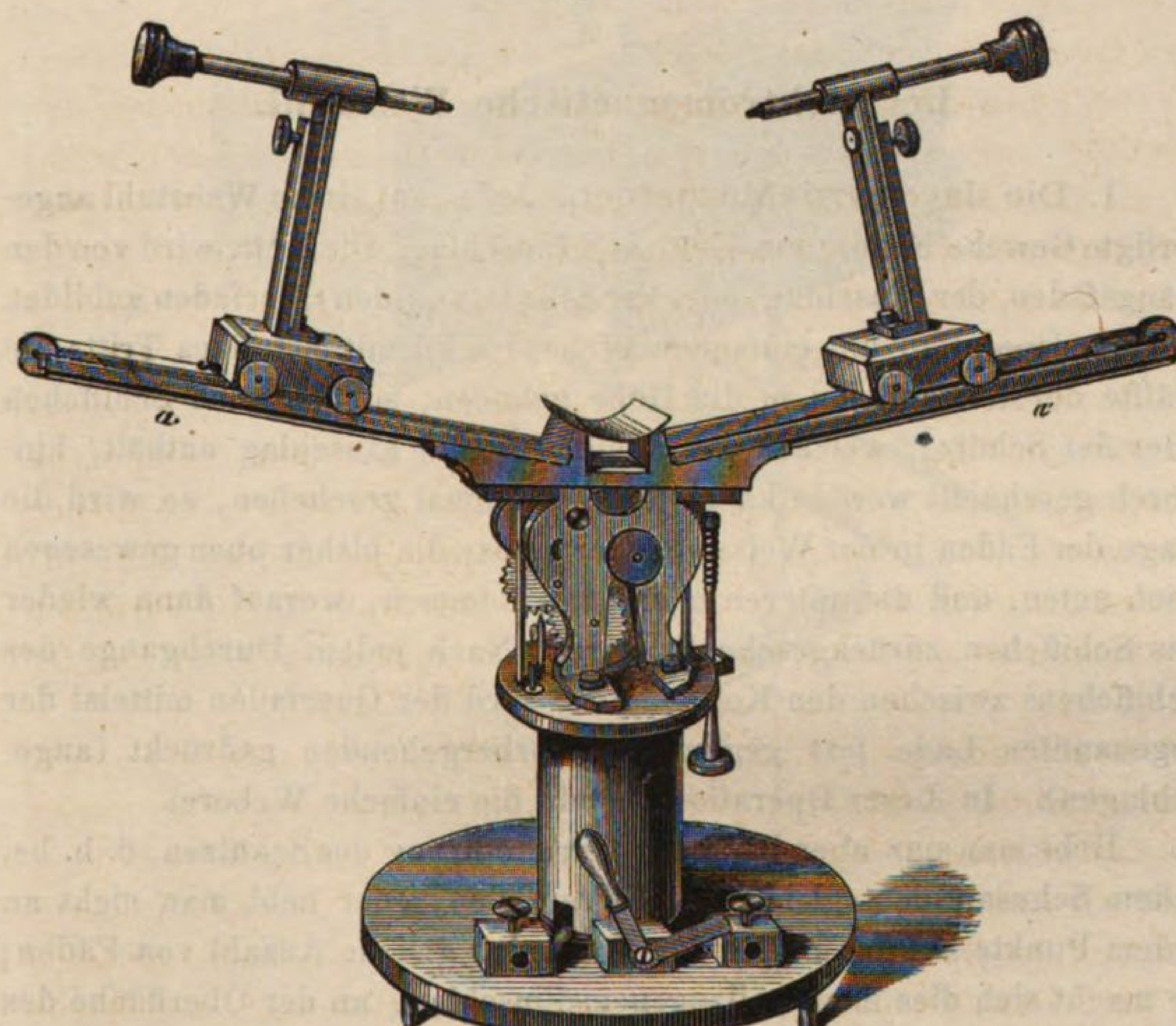
[1]) Handbuch der chemischen Technologie von Bolley. Bd. 1 p. 159.

Strom durchfliesst ausser dem Elektromagneten die beiden Schienenwege *a* und *b* und geht aus diesen in die sie metallisch berührenden Wagen und durch die beiden Kohlenelektroden.

Dieser Apparat unterhält schon mittelst einer groveschen Säule von 6 Elementen, deren Platinoberfläche 72□" beträgt, ein dauerndes Licht.

Man hat in neuester Zeit, um den durch die Säule bewirkten Verbrauch zu vermindern, grosse Induktionsapparate, wie den im zweiten

Fig. 404.



Abschnitt dieses Werkes beschriebenen, [1]) in Anwendung gebracht, und so einen zur Erzeugung eines intensiven Lichtes genügend starken Strom erregt. Eine der vorn beschriebenen ähnliche Maschine hat längere Zeit zur Beleuchtung auf dem Leuchtthurme South foreland high light bei Dover gedient. Die Intensität des Lichtes war so bedeutend, dass man dasselbe von hohen Punkten der gegenüberliegenden Küste von Frankreich wahrnehmen konnte.

[1]) Abschnitt II, § 4, No. 3.

Gegenwärtig wird das elektrische Licht vielfach zu Kriegszwecken, zur Beleuchtung feindlicher Positionen etc. angewendet. Die Franzosen haben bei der Belagerung von Paris im jüngsten Kriege von diesem Mittel häufig Gebrauch gemacht. Auch die Behufs der Vertheidigung der deutschen Küsten eingerichteten Torpedo-Abtheilungen sind mit elektrischen Lichtapparaten ausgerüstet, bei der das Licht durch eine colossale Inductionsmaschine, welche vermittelst einer Dampfmaschine ihre rotirende Bewegung erhält, erzeugt wird.

§ 4.

Der elektromagnetische Webstuhl.

1. Die Jacquard-Maschinen. Jedes auf einem Webstuhl angefertigte Gewebe besteht aus Kette und Einschlag. Die Kette wird von den Längsfäden, der Einschlag, oder der Schuss, von den Querfäden gebildet. Bei der Operation des einfachen Webens wird mittelst eines Tritts die Hälfte der Kettenfäden in die Höhe gehoben, so dass das Schiffchen oder der Schütze, welches die Spule mit dem Einschlag enthält, hindurch geschnellt werden kann. Ist dies einmal geschehen, so wird die Lage der Fäden in der Weise geändert, dass die bisher oben gewesenen nach unten, und die unteren nach oben kommen, worauf dann wieder das Schiffchen zurückgeschnellt wird. Nach jedem Durchgange des Schiffchens zwischen den Kettenfäden, wird der Querfaden mittelst der sogenannten Lade fest gegen den vorhergehenden gedrückt (angeschlagen). In dieser Operation besteht die einfache Weberei.

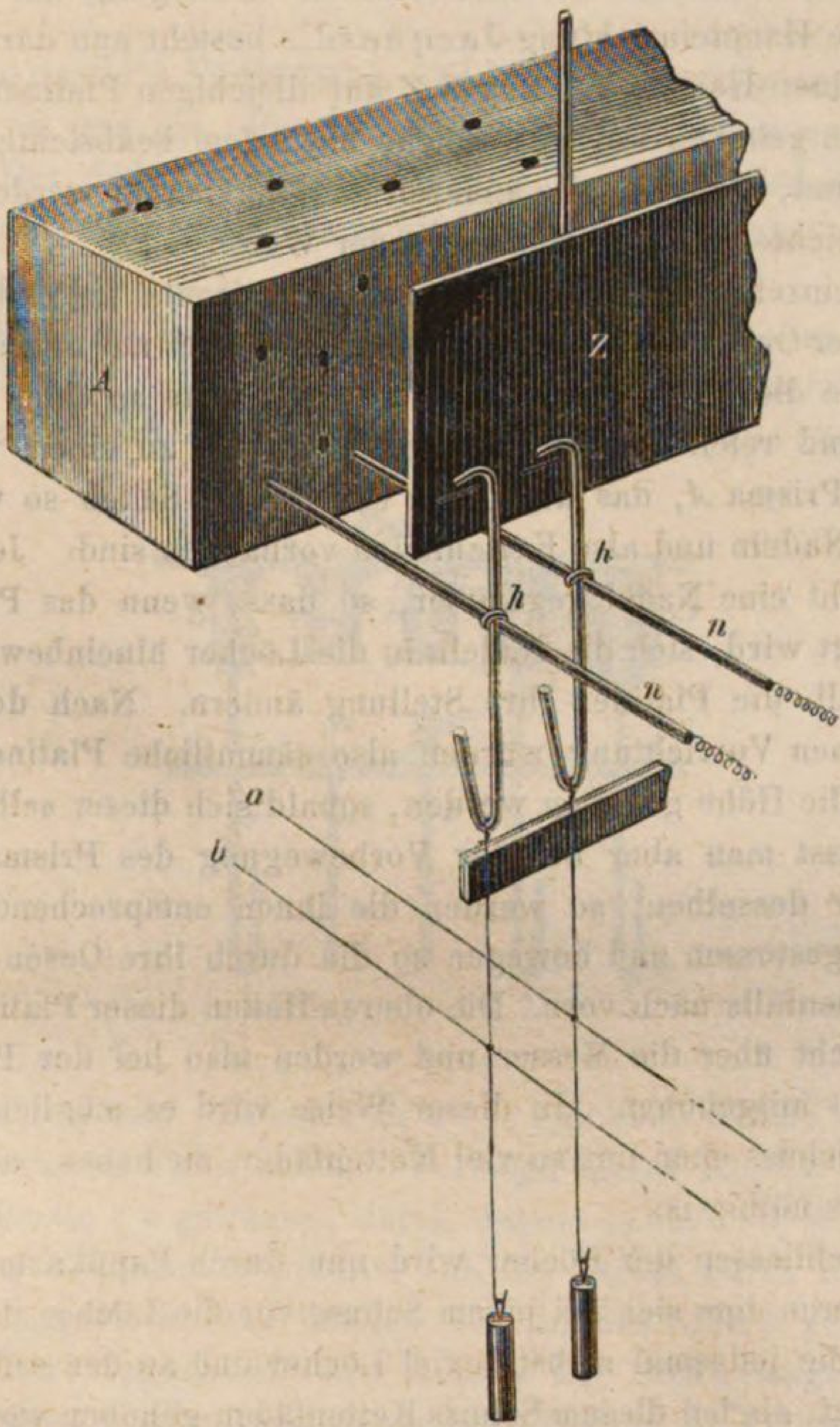
Hebt man nun aber bei jeder Durchführung des Schützen, d. h. bei jedem Schuss, nicht gleich viel Kettenfäden, oder hebt man nicht an jedem Punkte auf der Breite der Kette eine gleiche Anzahl von Fäden; so macht sich dies nach vollzogenem Einschlage an der Oberfläche des Gewebes bemerkbar, man nennt das Gewebe in diesem Falle gemustert. Das Muster in einem Gewebe wird also dadurch hergestellt, dass an der einen Stelle desselben mehr, an der anderen weniger Kettenfäden über den Schussfäden liegen.

Man hat daher bei der Muster-Weberei eine Einrichtung zu treffen, mittelst welcher man jeden der einzelnen Kettenfäden nach Belieben zu heben im Stande ist, so dass der Schütze über oder unter demselben hindurchgehen kann. Dies Geschäft des Hebens der Fäden versahen vor der Erfindung Jacquard's Knaben, sogenannte Zugjungen, welche auf das Commando des Meisters die erforderlichen Fäden durch Züge,

die über Rollen gingen, hoben, um so durch das Gewebe eine bestimmte Figur darzustellen.

Durch die von **Jacquard** angegebene Einrichtung wird das Geschäft der Zugjungen durch den Webstuhl, selbst und zwar in viel voll-

Fig. 405.



kommener Weise, versehen. Die Einrichtung für jeden einzelnen Faden ist im Allgemeinen einfach, und das Ganze wird nur durch die grosse Anzahl der Fäden und der dabei vorkommenden Variationen des Hebens derselben complicirt. Die Fig. 405 stellt die Einrichtung an zwei Kettenfäden dar, die sich dann bei allen wiederholt.

Es mögen *a b* zwei Kettenfäden darstellen, welche durch Schleifen mit den Haken *h h*, die Platinen genannt werden, verbunden sind und mit ihrer oberen Umbiegung bis zum Zuge *Z* hinauf reichen. An diesem Zuge befinden sich hervorstehende schmale Platten (Messer), deren je eins einer Platine entspricht, und welche diese letzteren mit in die Höhe heben, wenn sie mit ihrer oberen Umbiegung auf demselben ruhen. Die Haupteinrichtung Jacquard's besteht nun darin, dass bei jeder einzelnen Hebung des Zuges *Z* nur diejenigen Platinen mit ihren Kettenfäden gehoben werden, welche nach dem beabsichtigten Muster zu heben sind, während alle anderen zurückgelassen werden. Diesen Zweck erreichte Jacquard in folgender Weise.

Jede einzelne Platine wird von einer horizontal liegenden Nadel *n* mittelst einer Oese umfasst, in welcher sie sich frei auf und ab bewegen kann. Jede dieser Nadeln ist auf der einen Seite an einer Spiralfeder befestigt und reicht auf der anderen Seite bis zu einem vierseitigen hölzernen Prisma *A*, das auf jeder seiner vier Seiten so viel Löcher trägt, als Nadeln und also Kettenfäden vorhanden sind. Jedem dieser Löcher steht eine Nadel gegenüber, so dass, wenn das Prisma nach vorn bewegt wird, sich die Nadeln in die Löcher hineinbewegen, ohne dass deshalb die Platinen ihre Stellung ändern. Nach der bis jetzt beschriebenen Vorrichtung würden also sämmtliche Platinen mit dem Zuge *Z* in die Höhe gehoben werden, sobald sich dieser selbst höbe.

Schliesst man aber bei der Vorbewegung des Prismas mehrere der Löcher desselben, so werden die ihnen entsprechenden Nadeln nach vorn gestossen und bewegen so die durch ihre Oesen gehaltenen Platinen ebenfalls nach vorn. Die oberen Haken dieser Platinen greifen alsdann nicht über die Messer und werden also bei der Hebung des Zuges nicht mitgehoben. In dieser Weise wird es möglich bei jedem einzelnen Schuss eben nur so viel Kettenfäden zu heben, als in Folge des Musters nöthig ist.

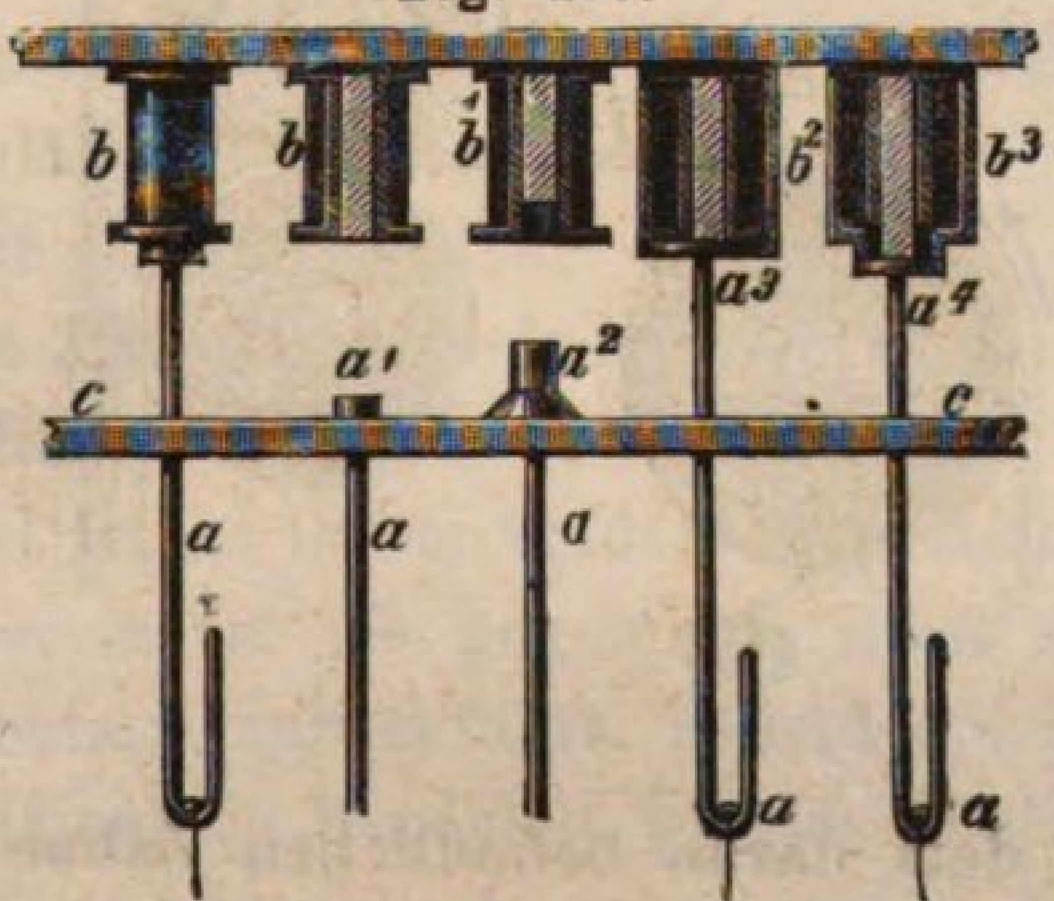
Das Schliessen der Löcher wird nun durch Pappkarten (Cartons) bewirkt, deren eine sich bei jedem Schuss vor die Löcher des Prisma's legt, und die jedesmal selbst soviel Löcher und an den erforderlichen Stellen trägt, als bei diesem Schuss Kettenfäden gehoben werden sollen. Man sieht also, dass, wenn durch die Drehung des Prisma's nach jedem Schuss den Nadeln ein anderer Carton gegenüber gestellt wird, der mit anderen Löchern versehen ist, jedes Mal andere Platinen zurückgestossen und also andere Kettenfäden gehoben werden müssen. Es leuchtet hieraus ein, dass für ein jedes Muster so viel Cartons vorhanden sein und, an einander gereiht, der Reihe nach den Nadeln

gegenüber gestellt werden müssen, als das Muster Schussfäden hat. Es sind daher, bei nicht eben sehr lang sich ausdehnenden Mustern, etwa 20000 Cartons nöthig. Diese Cartonkette ist an ihren beiden Enden verbunden; so dass der letzte sich an den ersten schliesst, in Folge dessen sich dann das Muster in ununterbrochener Reihenfolge wiederholt.

2. Bonelli's Webstuhl. Die Aufgabe des elektromagnetischen Webstuhls ist nun die, die eben besprochenen Cartons entbehrlich zu machen. Der dadurch erlangte Gewinn ist nicht unbedeutend, wenn man bedenkt, dass Frankreich allein für Cartons jährlich 2000000 Franken ausgiebt.

Die Art, wie Bonelli dies zu erreichen suchte, ist folgende.[1]) Statt der Cartons befinden sich in mehreren Reihen gerade Elektromagnete neben einander auf einer Ebene befestigt. Die Fig. 406 stellt

Fig. 406.



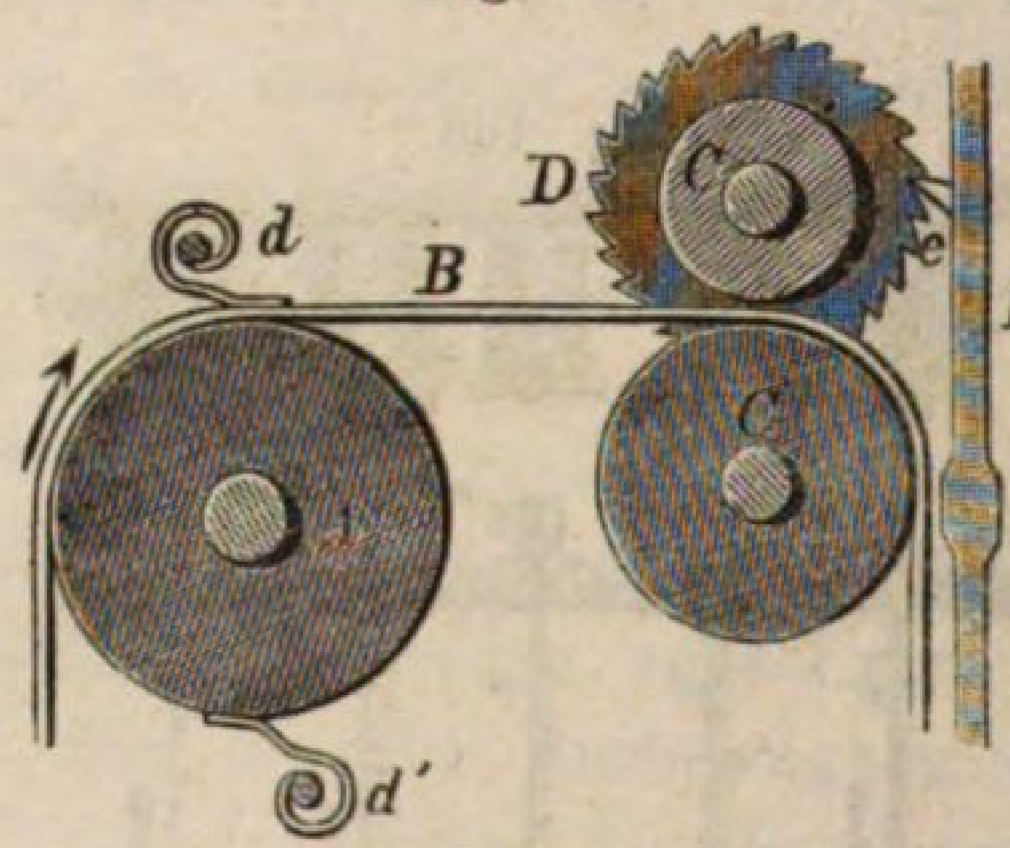
einige derselben dar. Es seien *a*, *a* ... Platinen, welche oben einen Kopf aus weichem Eisen haben. Vermöge dieses Kopfes werden sie von einem Brette *c c* getragen, durch dessen Löcher sie sich frei hindurch bewegen können. Circulirt nun der Strom durch die Spiralen der Elektromagnete *b*, und denken wir uns das Brett *c* gehoben, bis die Köpfe der Platinen mit den Kernen der Elektromagnete in Berührung sind, so werden beim Senken des Brettes die Platinen von den Magneten gehalten und bleiben also in der Höhe, so lange der Strom die Elektromagnete umkreist. Wird nun die Einrichtung so getroffen, dass der Strom stets nur einige der Magnetkerne umkreist, so werden bei jeder Hebung des Brettes auch immer nur die diesen entsprechenden

[1]) Polyt. Centralblatt 1855, p. 521; Le Génie industriel Febr. 1855, p. 68.

Platinen mit ihrer Schnürung und den entsprechenden Kettenfäden gehoben bleiben, und zwar wird dies so lange der Fall sein, als die Kerne magnetisch bleiben. In dieser Weise wird es möglich, durch geeigneten Wechsel in der Magnetisirung der Kerne, die Hebung der dem beabsichtigten Muster entsprechenden Platinen und Kettenfäden herzustellen.

Die erste Art, wie Bonelli die Magnetisirung der betreffenden Magnete durch das Muster selbst bewirkte, bestand darin, dass er über einen metallischen Cylinder *A*, Fig. 407, einen durchlöcherten Papierstreifen *B* laufen liess, der durch die beiden Cylinder *C C* fortgezogen wird. Diese Fortbewegung geschieht durch das an der oberen Walze *C* befestigte Sperrrad *D*, welches nach jedem Schuss (Durchgang des Schützen) um einen Zahn weiter rückt. Diese Bewegung hängt mittelst

Fig. 407.



der Stange *E* und dem daran befindlichen Zahne *e* mit der Hebung und Senkung des Brettes *c* Fig. 406 zusammen, welches die Platinen hebt. Auf dem Cylinder *A* schleifen die Metallfedern *d* und *d′*, von denen die eine gegen den Papierstreifen *B*, die andere direkt gegen den Cylinder drückt.

Nach diesen beiden Federn führen die Zuleitungsdrähte von den beiden Polen der galvanischen Säule. Da nun, wie bereits bemerkt, das Papier *B* nach Art der Jacquard-Ketten durchlöchert ist, so wird immer die leitende Verbindung hergestellt sein, wenn die Feder *d* auf eins der Löcher trifft und so den Metallcylinder direkt berührt. In dieser Weise werden beim Fortrücken des Papierstreifens die Ströme aller derjenigen Elektromagnete geschlossen, welche nach Vorschrift des Musters die ihnen entsprechenden Platinen heben sollen.

Die eben beschriebene Vorrichtung war die erste, welche Bonelli herstellte. Da jedoch später die durchaus zu billigende Rücksicht

sich geltend machte, die alten Jacquardstühle zu elektromagnetischen Vorrichtungen umgestalten zu können, so wurde statt der beschriebenen Form eine dem früheren Jacquardstuhle ähnlichere gewählt. Diese Umgestaltung schreiben Einige auch der Idee Maumené's und Bréguet's zu.

Die Figuren 408 und 409 zeigen diese Einrichtung in der Vorderansicht und im verticalen Querschnitt.

Der Apparat wird zu beiden Seiten von den Säulen *G G* getragen, die den oberen Theil des Stuhlgestelles bilden. Diese Säulen sind unten durch das Fussgestell und oben durch ein Querholz *G'* verbunden. Ueber diesem befindet sich die Welle *c* mit den beiden Schnurscheiben *c' c'*, welche zum Heben und Senken des Messerkastens *I* dienen. Die Litzen sind mittelst der Chorschnuren *f'* Fig. 409 an den Platinen *f* angehängt, deren oberer, umgebogener Theil über die Messer *i* des Messerkastens *I* hinweggreift und durch diese gehoben wird oder nicht, je nachdem es das Muster erfordert. Die Bewegung der Platinen wird auch hier wie beim Jacquardstuhle durch die wagerechten Nadeln *a a'* bewirkt, welche durch die Elektromagnete *b* in der bereits beschriebenen Weise in Thätigkeit gesetzt werden.

Um die grosse Zahl der Nadeln dichter neben einander reihen zu können, sind die Elektromagnete in zwei Reihen hinter einander befestigt. Jede Nadel ist an ihrem vorderen Theile mit einer Spiralfeder umwunden, welche, indem sie gegen das Brett *K* lehnt, die Nadeln wieder in ihre Ruhelage zurückführt, sobald der Elektromagnet seine Kraft verliert. Diejenigen Platinen, welche angezogen sind, bleiben über den Messern *i* des Messerkastens und werden bei Hebung desselben mit in die Höhe genommen, während die nicht angezogenen zurückweichen und daher unten bleiben. So hebt sich der entsprechende Theil der Fäden, und es wird eingeschossen, worauf die Fäden sich wieder senken, und die Cylinder *C*, Fig. 407, um einen Theilstrich weiter rücken, wonach das Brett *K*, Fig. 409, wieder zurückgedrückt und jeder Nadelknopf zu seinem Elektromagneten geführt wird.

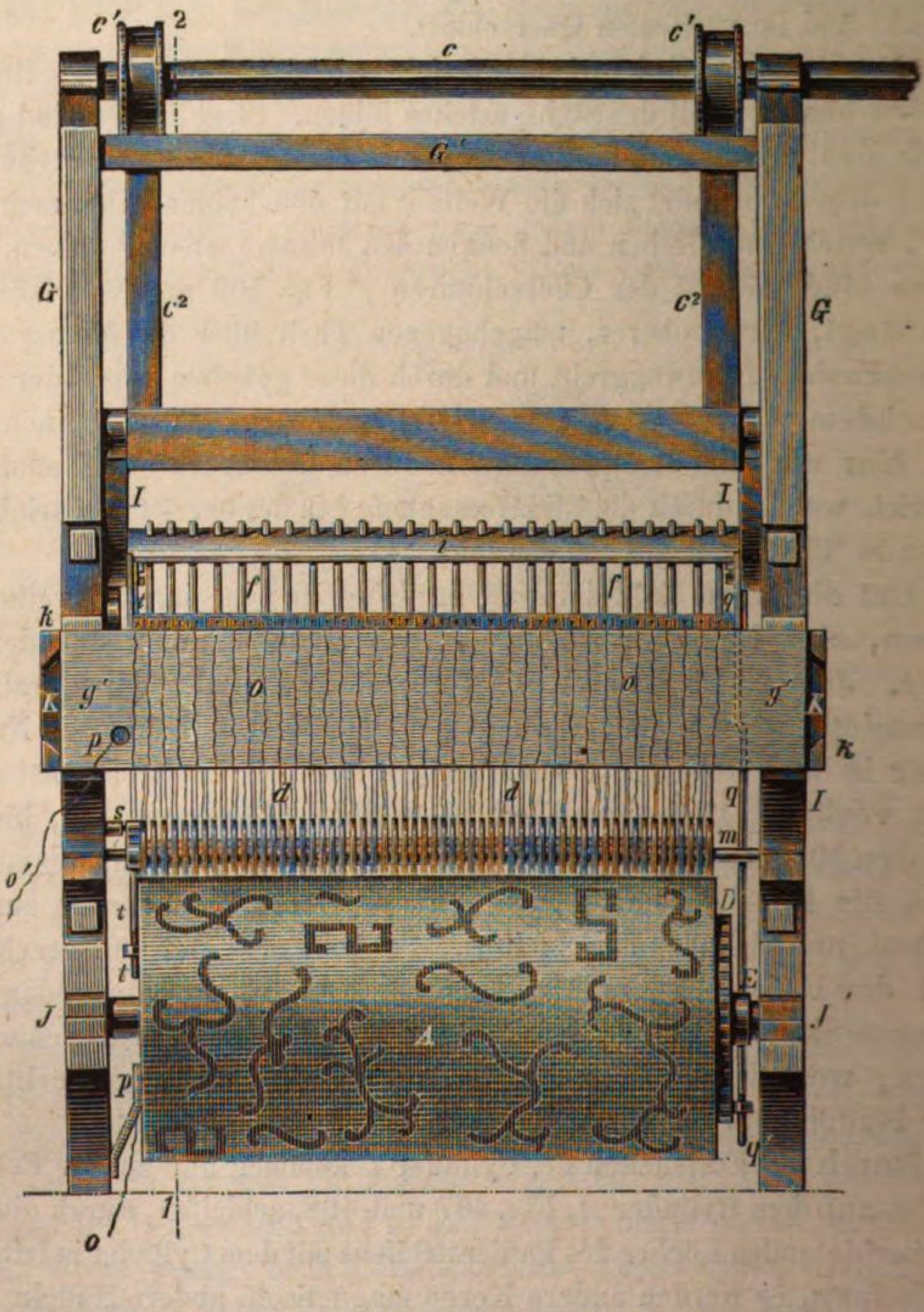
Durch das Fortrücken der Cylinder *C* kommen nun andere Federn, welche auf dem Cylinder *A*, Fig. 407 und 408, schleifen, durch die neu sich darbietenden Löcher des Papierstreifens mit dem Cylinder in leitende Verbindung, es werden andere Kerne magnetisch, andere Nadeln werden gehalten, andere Federn gehoben.

Die Strecke, um welche sich der Cylinder *A* bei jedem Einschuss dreht, ist gleich der Entfernung zweier auf dem Cylinder parallel zur Axe gezogener Linien, wie sie die Fig. 208 zeigt. In Folge dieser

Drehung legen sich die Federn *d* nach und nach auf jede Horizontalreihe der kleinen auf dem Cylinder verzeichneten Quadrate.

Um zu vermeiden, dass die Federn *d* durch ihre Reibung gegen den bewegten Cylinder den unter Umständen aufgetragenen Firniss

Fig. 408.

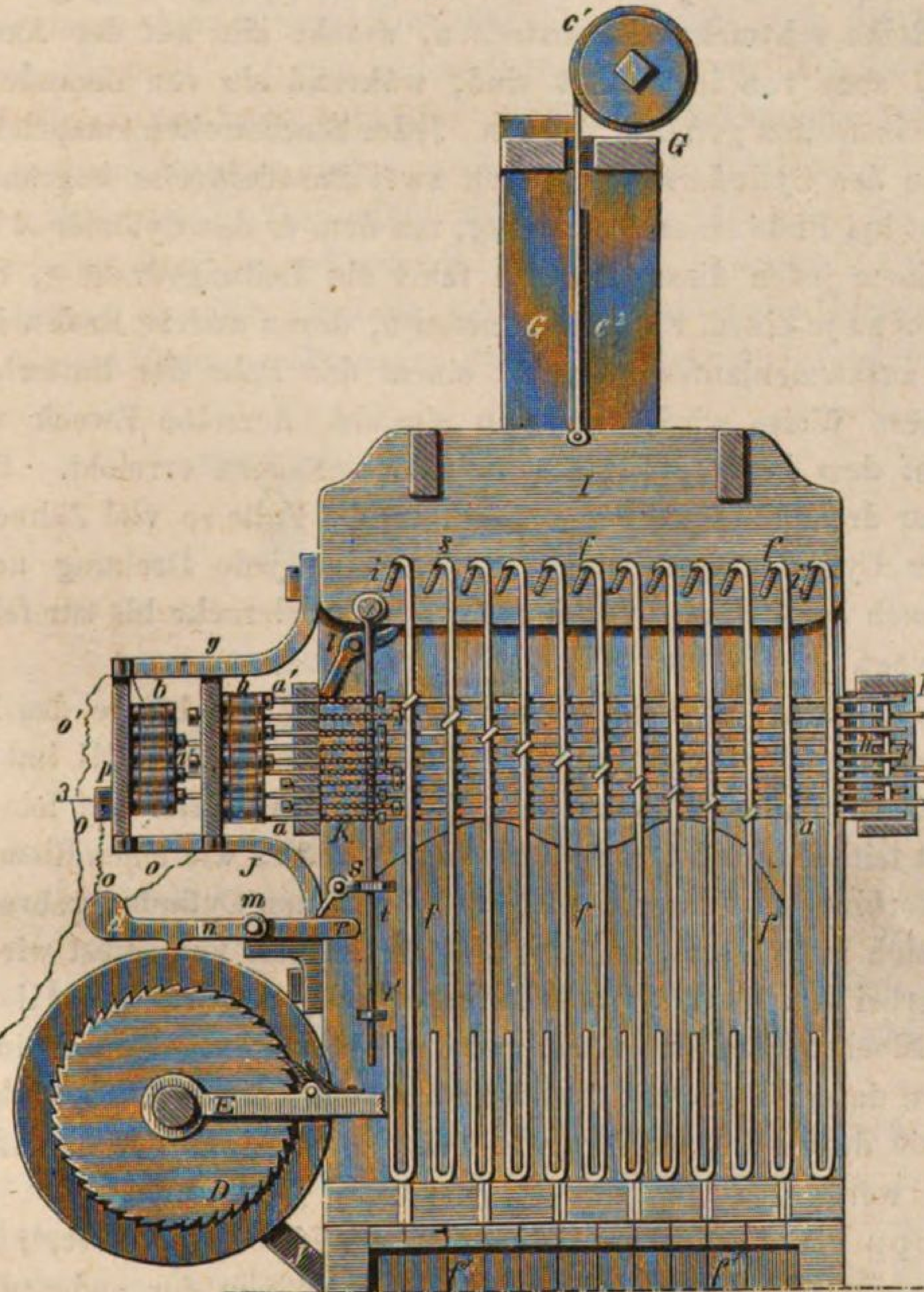


desselben abschaben, wird die ganze Axe, welche die Federn *d* trägt, jedesmal gehoben, wenn der Sperrkegel fortrückt. Dies geschieht durch einen kleinen Arm an der Axe *m*, gegen den jedesmal, wenn der Messerkasten in die Höhe gegangen ist, ein kleiner Winkelhebel *s* trifft,

welcher seine Bewegung durch die mit dem Messerkasten fest verbundene Stange *t* erhält.

Die vorn erwähnte Feder *d*, Fig. 407, welche direkt gegen den Metallcylinder *A* drückt, wird in Fig. 408 bei *p* unten sichtbar. Zu ihr

Fig. 409.



führt der eine Pol der Säule, während der andere über *o' p* nach den Federn führt, welche auf dem Muster streifen.

Die Darstellung des Musters. Ausser der bereits genannten Methode, das Muster unter Anwendung eines durchlöcherten Papierstreifens herzustellen, hat Bonelli noch verschiedene andere Mittel angewandt. Er trägt unter Anderem, wie schon bemerkt, auf einem

Metallcylinder das Muster mit einem nichtleitenden Firniss auf. Der zu diesem Zwecke mittelst gerader Linien und Parallelkreise in die bereits erwähnten kleinen Vierecke von einem Quadratmillimeter Inhalt getheilte Cylinder *A* ist dann an den Stellen leitend, welche nicht von Firniss bedeckt sind. Einen solchen Cylinder stellt *A* Fig. 408 dar.

Ueber diesem Cylinder liegt ein Kamm *d*, Fig. 408, gebildet aus einer Reihe schwacher Blechstreifen, welche alle auf der Axe *m* befestigt, aber von ihr isolirt sind, während sie von einander durch Elfenbeinstreifen getrennt werden. Jeder Blechstreifen entspricht einem Streifen des Cylinders, der durch zwei Parallelkreise begränzt wird, und hat am Ende einen Vorsprung, mit dem er den Cylinder *A* berührt. Von einem jeden dieser Streifen führt ein Leitungsdraht *o*, Fig. 408 und 409 zu je einem Elektromagneten *b*, deren andere Enden in einen Draht zusammenlaufen, der zu einem der Pole der Batterie führt. Auf diese Weise wird, wie man einsieht, derselbe Zweck wie mit den auf dem Papierstreifen schleifenden Federn erreicht. Das den Cylinder drehende Sperrrad muss in diesem Falle so viel Zähne haben, als der Cylinder Querlinien, so dass eine jede Drehung um einen Zahn auch den Cylinder von der einen Reihe Vierecke bis zur folgenden fortbewegt.

Es ist klar, dass bei dieser Einrichtung die Länge des Musters von dem Umfange des Cylinders abhängig ist. Bonelli hat diesem Uebelstande dadurch abgeholfen, dass er das Muster auf feines Zeug mittelst leitender Substanzen aufträgt und dieses wie einen Riemen ohne Ende verbindet. Dieser Riemen wird auf den Cylinder gebracht und dreht sich mit diesem, so dass sich das Muster von selbst wiederholt. Um hierbei den Metallcylinder zu entbehren, wendet Bonelli doppelt soviel Blechstreifen als in dem anderen Falle an, von denen immer je zwei auf dasselbe Viereck treffen und mit einander den Strom schliessen, wenn sie durch die aufgetragene leitende Substanz mit einander verbunden werden.

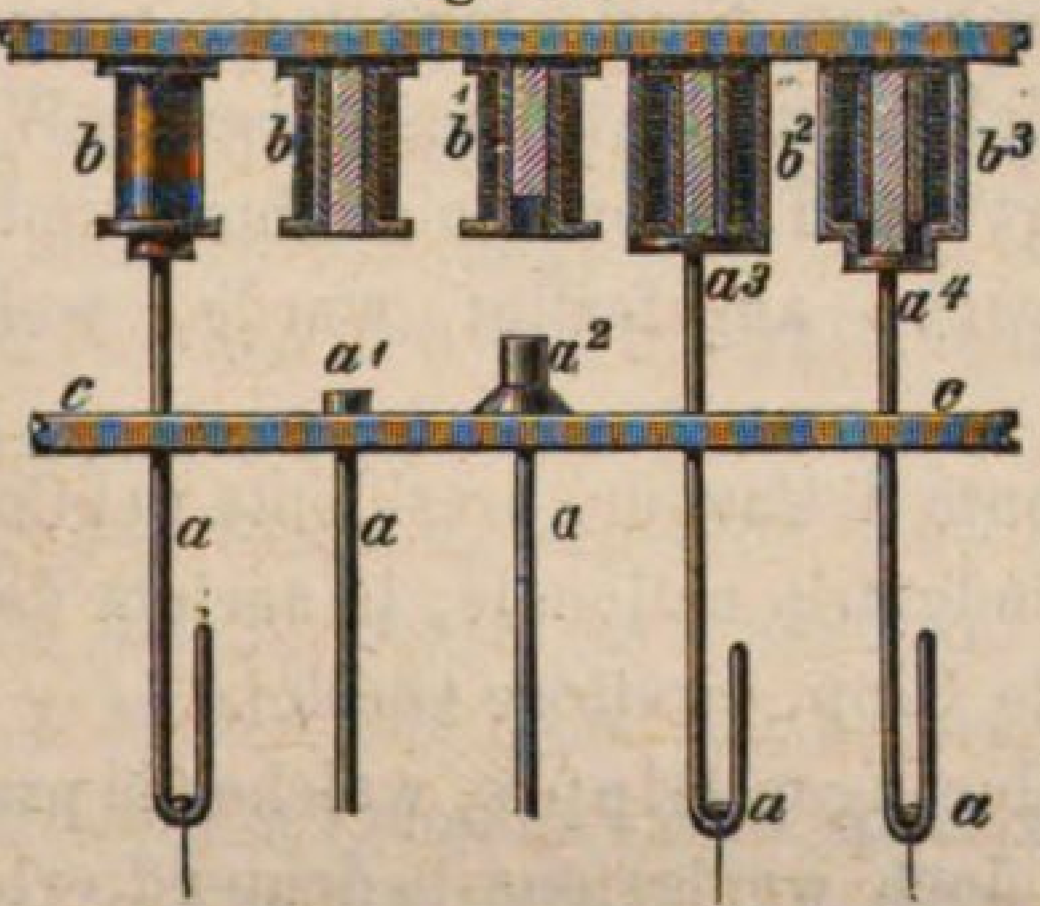
Hipp hat diese Vorrichtung in der Weise abgeändert,[1]) dass er von der einen Seite her die Blechstreifen und von der anderen ebenso viel Federn schleifen lässt, welche den Blechstreifen gegenüber gleichzeitig mit diesen dasselbe leitende Viereck berühren.

Das Abbinden der Gewebe. Ist die Zeichnung des Musters so beschaffen, dass eine grosse Menge von Vierecken hintereinander mit der leitenden Substanz bedeckt sein müssen, so müsste man, wenn

[1]) Brix Journ. III, p. 228.

dem nicht vorgesehen würde, hier, wie auch beim Jacquard-Stuhle, Muster mit flottliegenden Fäden erhalten, bei welchen die Einschussfäden durch die Kettenfäden zu wenig gebunden sind, und die daher beim Gebrauch leicht ausfasern und zerreissen würden. Um dies beim elektrischen Webstuhl zu vermeiden, müssen, wie bei Jacquard, Hülfslitzen angewandt werden, welche die regelmässige Durchkreuzung einer gewissen Anzahl von Kettenfäden bewirken und diesen eine festere Verbindung mit den Schussfäden verleihen. Die Bewegung dieser Schnürungen kann entweder mit Hülfe eines kleinen Cylinders bewirkt werden, welcher eigens zu diesem Zwecke dient und mit einigen stärkeren Magneten in Verbindung steht, oder es kann auch der grosse Cylinder selbst dazu benutzt werden. Man trägt zu diesem Zwecke auf ein Papierblatt dieselbe Theilung auf und schneidet die Quadrate aus, welche den zur Bindung dienenden Fäden entsprechen. Nachdem dies

Fig. 410.



Blatt auf den Umfang des Cylinders gelegt ist, trägt man eine Schicht Firniss auf, welche das Muster an den Stellen wieder nicht leitend macht, wo das Papier ausgeschnitten ist.

Farbige Schussfäden. Für Stoffe mit farbigen Schussfäden schlägt Bonelli mehrere Methoden vor, deren einfachste darin besteht, dass die Oberfläche des Cylinders in Streifen getheilt wird, welche parallel der Axe desselben liegen, und von denen jeder einem Einschuss entspricht. Jeden dieser Streifen theilt man wieder in soviel andere, etwa Millimeter breite Streifen, als Schützen vorhanden sind, und bedeckt die Quadrate jedes Streifens in der Ordnung, dass die entsprechenden Fäden an den gehörigen Stellen zum Vorschein kommen.

Die Elektromagnete. Den angewandten Elektromagneten hat Bonelli verschiedene Formen gegeben, deren einige in Fig. 410 dargestellt sind. Die einfachste Form ist die gewöhnliche in *b* im Querschnitt

dargestellte. Bei b' ist der Kern kürzer, als die Spirale, so dass der Kopf a^2 der Nadel in dieselbe hineinreicht. b^2 und b^3 sind Romershausen'sche Magnete,[1]) bei denen die Köpfe bis über den äusseren Mantel reichen. Bei den neuesten Vorrichtungen haben diese Magnete mit dem Mantel einen Durchmesser von nur $6^1/_2{}^{mm}$.

3. Verbesserung von Hipp. Bis in dieses Stadium war nach einigen bereits von Maumené und Bréguet angebrachten Verbesserungen die Sache im Jahre 1854 gediehen, als der schweizerische Telegraphendirektor Hipp auf Veranlassung des Ministerpräsidenten Cavour nach Turin gerufen ward, um sein Urtheil über die praktische Ausführbarkeit der Erfindung abzugeben, da man in Paris nach einem Versuche einen solchen Webstuhl zu bauen erklärt hatte, die Ausführung sei unmöglich.[2])

Hipp, der diese Behauptung unbegründet fand, änderte nun die von Bonelli angegebenen Einrichtungen in mannigfacher Weise ab, und stellte schliesslich einen elektromagnetischen Webstuhl her, mittelst dessen in Gegenwart des Turiner Ministeriums und vieler auswärtigen Gesandten ein Gewebe angefertigt wurde, welches folgende Inschrift trug:

„Al Signor Conte di Cavour, presidente del Consiglio dei ministri „protettore del l'industria nationale, la società della Ellectri-tissitura „Bonelli, apparato Hipp, direttore Guillot."

Unter den Aenderungen Hipp's, welche die praktische Ausführung ermöglichten, oder doch wenigstens bedeutend erleichterten, sind besonders ausser der bereits genannten Einrichtnng hinsichtlich des Musters folgende zu erwähnen.

1. Es ist eine bereits besprochene Thatsache, dass immer an der Stelle, wo ein elektrischer Strom unterbrochen wird, ein Funke entsteht, der nicht allein das Metall oxydirt, sondern auch Theile des Metalls von dem festen zum beweglichen Leiter oder umgekehrt, je nach der Richtung des positiven Stromes, überführt und so die Leitungstelle uneben und schlecht leitend macht. Derselbe Uebelstand musste auch bei den bisher beschriebenen Einrichtungen an den Spitzen der Blechhämmer oder Federn entstehen, wo diese die metallischen Theile des Musters verlassen.

Da nun aber nach Hipp's Einrichtung jene Hämmer, damit das Muster nicht durch das Streifen derselben verletzt werde, stets beim

[1]) Dub, Elektrom. p. 319. [2]) Brix Journ. III, p. 224.

Fortrücken des Musters durch eine Vorrichtung gehoben werden, und sich erst wieder auf dasselbe senken, wenn die Bewegung vollendet ist; so traf er die Vorkehrung, dass der Strom immer erst geschlossen ward, wenn die Hämmer bereits in der neuen Berührung waren, und unterbrach denselben früher, als sie wieder aufgehoben wurden. Man wird einsehen, dass auf diese Weise der bei allen mechanischen Einrichtungen dieser Art so hinderliche Umstand vollständig beseitigt ist. Es wird dadurch die Menge der Unterbrechungsstellen auf eine reducirt, welche an einen Ort verlegt werden kann, wo ihr nachtheiliger Einfluss leicht zu verhindern ist.

2. Ein bei der grossen Anzahl anzuwendender Magnete ebenfalls ungünstiger Umstand besteht, weil diese Magnete dicht neben einander liegen müssen, in dem schwächenden Einflusse derselben auf einander. Hipp half diesem Uebelstande in vollkommen genügender Weise einfach dadurch ab, dass je zwei neben einander befindliche Elektromagnete immer in entgegengesetztem Sinne magnetisirt wurden.

3. Um die Zahl der anzuwendenden Elemente der Batterie zu verringern, traf Hipp eine Vorrichtung, dass nicht alle Elektromagnete gleichzeitig, sondern von den 400 in Thätigkeit befindlichen immer nur je 50 zu gleicher Zeit angezogen wurden. Dies wird deshalb möglich, weil zur Bewegung der Platinen ungefähr eine halbe Sekunde Zeit erforderlich ist, während der Strom so schnell auf die Elektromagnete wirkt, dass während dieser Zeit recht gut 8 derselben nach einander in Thätigkeit gesetzt werden können. Dies zu erreichen gelang Hipp dadurch, dass er die Anker der Elektromagnete nicht, wie die Zeichnung vorn zeigt, mit den Nadeln verband, sondern sie getrennt denselben gegenüberstellte, und sie von den Elektromagneten vermöge einer Führung durch Schienen anziehen liess. Hierdurch ward denn den Nadeln die Stellung vor oder zurück, wie mittelst der Jacquard'schen Cartons, ertheilt.

Ist also der Anker einen Moment angezogen gewesen, so bekommt die Nadel die Stellung, wie bei einem Loch in dém Carton, und behält diese Stellung bis der Zug gehoben wird, auch wenn der Anker vorher zu wirken aufhört. Wegen der freien Bewegung des Ankers, den die Nadel nicht stört, sowie wegen der kurzen Zeit, während welcher er nur angezogen zu werden braucht, erfordert die Einrichtung eine viel kleinere galvanische Säule, weil es eben dadurch möglich wird, während eines Zuges acht Serien von Elektromagneten hinter einander zu afficiren. Hipp erreichte nach dieser Anordnung mit einer galvanischen Säule

von 2 Elementen denselben Effekt, zu dem er zuvor 12 bis 16 Elemente gebraucht hatte.

4. Resultat. Hipp schliesst den Bericht über seine Leistungen hinsichtlich der elektrischen Weberei folgendermassen:

„Ich habe mich bemüht, im Vorstehenden mit der grössten Genauigkeit die wirkliche Sachlage darzustellen; ich darf jedoch nicht unterlassen zu bemerken, dass ich keineswegs der Ansicht bin, dass nunmehr diese Frage in allen Einzelheiten gelöst sei; im Gegentheil, ich glaube damit nur meine Aufgabe gelöst zu haben, welche zunächst darin bestand, die vielfach ausgesprochene Behauptung zu widerlegen, dass es unmöglich sei, einen elektrischen Webstuhl von 400 Haken herzustellen. Dass dies geschehen ist, beweist das vorgelegte Stück Zeug."

„Es bleibt aber noch viel zu thun übrig, es sind noch eine Menge von Einzelheiten zu ordnen und abzuändern, um sie den Bedürfnissen der Industrie und ins Besondere der Intelligenz der damit beschäftigten Arbeiter anzupassen. Es ist jedoch kein Grund vorhanden, die Erreichung auch dieses Zweckes zu bezweifeln."

§ 5.

Der elektrische Distanzmesser.

1. Das Princip. Behufs der Bestimmung des Ortes eines unzugänglichen und in Bewegung befindlichen Objektes in jedem Momente, haben Siemens und Halske einen Apparat construirt, der diese schwierige Aufgabe mit Hülfe des Elektromagnetismus in folgender Weise löst.

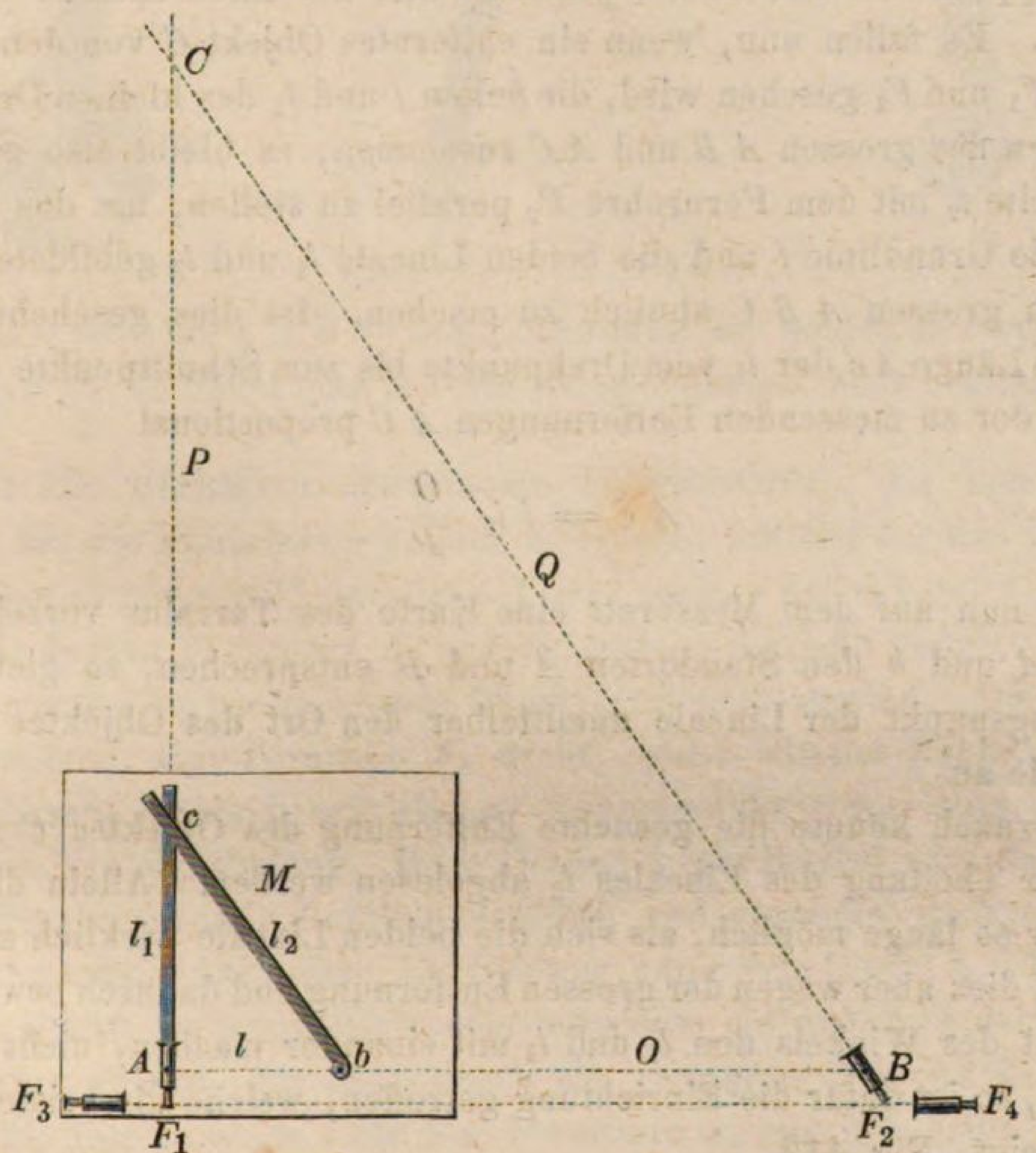
Das dabei verfolgte Princip ist dasselbe, welches jeder Mensch beim Beurtheilen der Entfernung mittelst seiner beiden Augen anwendet. Wir erhalten nämlich dadurch ein Urtheil über die Entfernung eines Gegenstandes, dass sich die beiden Augenaxen beim Sehen mit beiden Augen auf denselben Punkt richten. Die Uebung, eine Entfernung zu schätzen besteht also darin, dass man die feinen Unterschiede empfinden lernt, um die der Winkel variirt, den bei verschiedenen Entfernungen eines Punktes die beiden Augenaxen mit einander bilden, die beide auf diesen Punkt gerichtet sind.

Nach derselben Methode wenden nun Siemens und Halske zwei Fernrohre an, die sie in einer bestimmten etwa eine Meile grossen

Entfernung von einander aufstellen und nun auf einen in der Ferne erscheinenden Punkt gleichzeitig, also durch zwei Beobachter, richten. Die Art, wie mittelst dieser Methode der Ort des beobachteten Punktes bestimmt wird, ist nun folgende.

Die Fig. 411 stellt schematisch die Einrichtung dar. Von den beiden Fernrohren F_1 und F_2 ist das erste an einem Messbrette M auf einem senkrechten Ständer A horizontal befestigt. Dieser Ständer trägt dicht über dem Messbrette ein messingenes Lineal l, welches an dem

Fig. 411.



Ständer fest ist und parallel mit dem festen Fernrohre steht, so dass mit der Drehung dieses sich auch das Lineal dreht.

Rechts von diesem Lineal l, ist auf der Verbindungslinie der beiden Fernrohre noch über dem Messbrette ein zweites Lineal l_2 aus Aluminium in der Ebene des Brettes um eine in der Verbindungslinie liegende Axe drehbar. Dieses Lineal l_2 wird nun mit dem zweiten Fernrohre F_2 ebenfalls parallel gestellt und dann mittelst einer auf

elektromagnetischem Wege in Gang gesetzten Vorrichtung ebenfalls mit demselben parallel erhalten.

2. Die mechanische Einrichtung. Das Messbrett M wird so aufgestellt, dass die Verbindungslinie der Axen beider Lineale $Ab = l$ mit der Verbindungslinie beider Fernrohre $AB = O$ zusammenfällt. Zur Controlle sieht man dabei durch das kleine Fernrohr F_3 nach einer am anderen Apparate B entsprechend gezogenen Marke.

Um die Elevation des Fernrohrs F_1 ändern zu können, ist der ganze Apparat um eine zu $A\,b$ parallele Axe um einen kleinen Winkel drehbar. Es fallen nun, wenn ein entferntes Objekt C von den Fernröhren F_1 und F_2 gesehen wird, die Seiten l und l_1 des kleinen Dreiecks mit denen des grossen $A\,B$ und $A\,C$ zusammen, es bleibt also nur die dritte Seite l_2 mit dem Fernrohre F_2 parallel zu stellen, um das kleine durch die Grundlinie l und die beiden Lineale l_1 und l_2 gebildete Dreieck dem grossen $A\,B\,C$ ähnlich zu machen. Ist dies geschehen, so wird die Länge $A\,c$ der l_1 vom Drehpunkte bis zum Schnittpunkte beider Lineale der zu messenden Entfernungen $A\,C$ proportional

$$A\,C = l\,l_1\,\frac{O}{P}$$

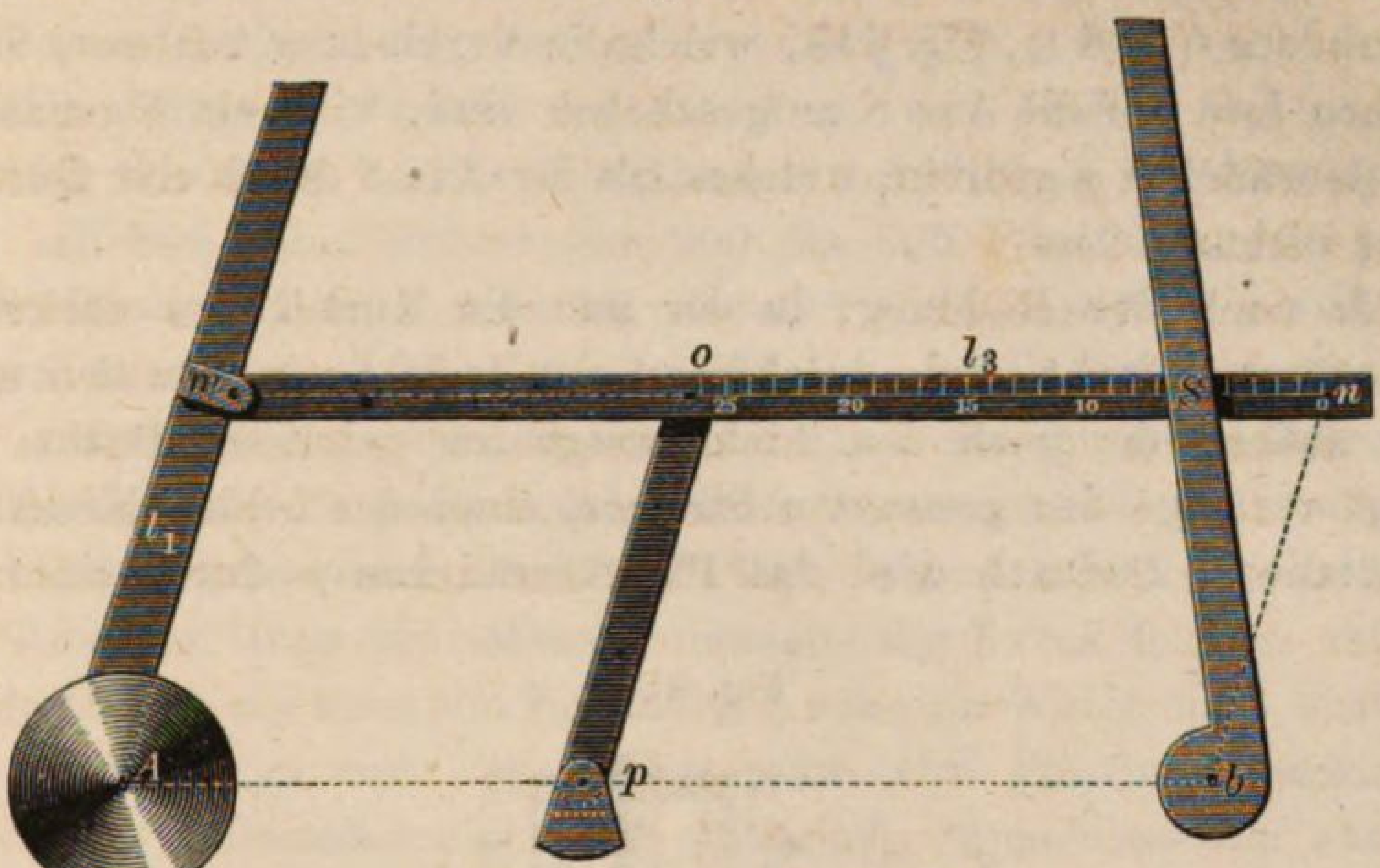
Ist nun auf dem Messbrett eine Karte des Terrains verzeichnet, in der A und b den Standorten A und B entsprechen, so giebt der Kreuzungspunkt der Lineale unmittelbar den Ort des Objektes C auf der Karte an.

Hiernach könnte die gesuchte Entfernung des Objektes C von A auf einer Theilung des Lineales l_2 abgelesen werden. Allein dies ist eben nur so lange möglich, als sich die beiden Lineale wirklich schneiden. Ist dies aber wegen der grossen Entfernung und dadurch bewirkten Kleinheit des Winkels den l_1 und l_2 mit einander machen, nicht mehr der Fall, so ist dafür die Einrichtung getroffen, welche die beistehende Skizze zeigt. Fig. 412.

In dem Punkte m ist an dem Lineale l_1 ein anderes Lineal $m\,n = l_3$ befestigt, welches mit der Grundlinie $A\,b$ parallel steht und in diesem Parallelismus durch den Stab $p\,o$ bei der Drehung von l_1 erhalten wird. Dieses Lineal ist von n ab nach links in Millimeter getheilt, bis zu dem Punkte o. Da nun $m\,n = A\,b$ ist, so ist das Dreieck $S\,n\,b$ ähnlich dem Dreieck $A\,b\,c$ also auch ähnlich dem Dreieck $A\,B\,C$. Mithin ist

$$A\,C = \frac{n\,b}{x}\,A\,B.$$

Fig. 412.



Da nun $n\,b = 20^{cm}$, $A\,B =$ der Entfernung der beiden Fernrohre und $x = n\,S$ ist, so findet man $A\,C$ für jedes beliebige, aber bekannte $A\,B$.

3. Die elektromagnetische Einrichtung. Es kommt nun darauf an, die Einrichtung kennen zu lernen, mittelst der das Lineal l_2 stets dem Fernrohre F_2 parallel erhalten wird. Es ist bereits erwähnt, dass die beiden Fernrohre F_1 und F_2 mittelst Kurbeln gedreht und dadurch auf das zu beobachtende Objekt gerichtet werden. Die Kurbel nun, welche das Fernrohr F_2 dreht, steht mittelst Zahnrades mit einem bereits früher beschriebenen Magnetinduktor von Siemens und Halske[1]) in Verbindung. Beim Drehen dieser Kurbel wird der Anker desselben in schnelle Rotation versetzt, und entsendet dadurch einen Induktionsstrom nach einer Vorrichtung unter dem Lineal l_2. Daselbst wird mittelst zweier Hufeisenelektromagnete ein Anker in oscillirende Bewegung gesetzt, der dann durch ein geeignetes Zahnrad das Lineal so dreht, dass dasselbe stets dem Fernrohre F_2 parallel bleibt.

Dieser elektrische Empfangsapparat ist nach demselben Princip construirt, wie der Empfangsapparat des von Siemens angegebenen Induktionszeigertelegraphen.

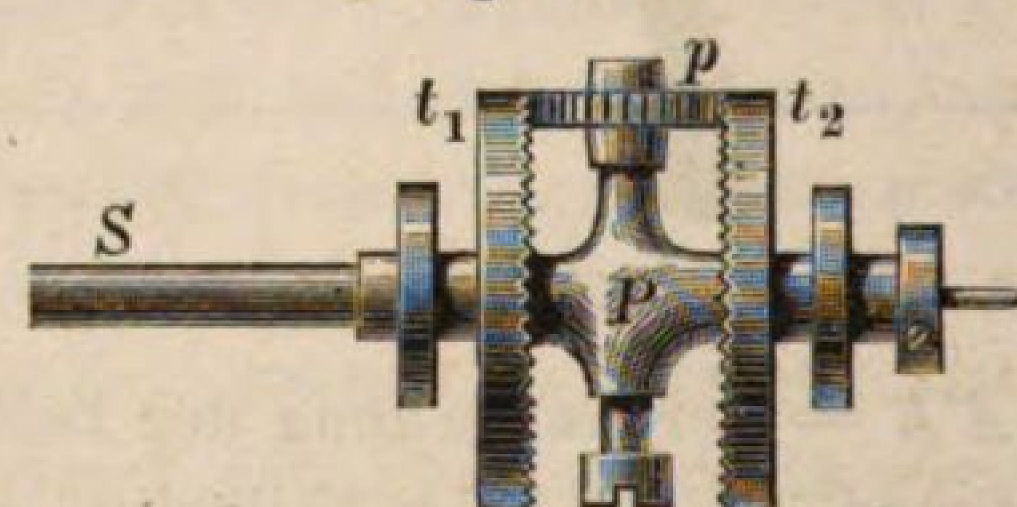
Zwischen den mit Ansätzen versehenen Polen jeder der beiden Hufeisenelektromagnete befindet sich ein Stahlmagnet, welcher zwischen diesen Polen oscillirt. Durch diese Oscillation werden abwechselnd zwei Kronräder gedreht, je nachdem der Strom den einen oder den

[1]) Abschn. V, § 13, Fig. 184 und 185.

andern Elektromagneten in Thätigkeit setzt. Zwischen diesen beiden Kronrädern t_1 und t_2, Fig. 413, welche in Verbindung mit zwei Steigrädchen lose auf die Axe S aufgeschoben sind, wird ein sogenanntes Planetenrädchen p gedreht, welches mit der Axe S durch eine Queraxe P fest verbunden ist.

Je nach der Richtung, in der nun die Kurbel des entfernten Fernrohres gedreht wird, durchfliesst der Induktionsstrom den einen oder andern der nach den Elektromagneten geleiteten Drähte und bringt vermöge des genannten Stromes, eines der beiden Kronräder in Rotation. Dadurch wird das Planetenrädchen p durch eines der

Fig. 413.



Kronräder gedreht und so gezwungen an dem anderen, jetzt feststehenden, herumzusteigen und die Axe S mitzunehmen. Kommt der Strom durch die andere Leitung, so rotirt das andere Kronrad und zwingt nun das Planeträdchen in entgegengesetzter Richtung sich an dem anderen abzurollen, und die Axe S nach der anderen Richtung hin zu drehen. Mittelst dieser Axe S wird eine Schraube ohne Ende gedreht, welche in einen gezahnten Sektor eingreift, der in seinem Centrum das zu bewegende Lineal trägt. Es versteht sich von selbst, dass die Zahl der in einander greifenden Zahnräder so gewählt sein muss, dass die Grösse des Winkels, um den sich das Lineal dreht, dem gleich ist, um den sich das Fernrohr F_2 dreht. Da die Zahl der Umdrehungen des Induktorankers die Zahl der Oscillationen des Stahlmagneten zwischen den Polen der Elektromagnete auf der anderen Station bedingt, so ist es gleichgültig, wie schnell die Kurbel gedreht wird, welche das Fernrohr richtet, die Gleichheit der Winkel beider Theile mit der Grundlinie wird dadurch nicht gestört.

4. Anwendung des Apparates. Wie man einsieht, eignet sich ein solcher Distanzmesser für solche Zwecke, wenn ein Terrain vorhanden ist, auf dem nicht bestimmte andere Anhaltepunkte für die Entfernung der fraglichen, in Bewegung befindlichen Objekte vorhanden sind. Dies ist z. B. bei der Bewegung eines Schiffes auf dem Meere der

Fall. Bekanntlich werden zur Verhinderung des Landens feindlicher Schiffe an der Küste sogenannte Torpedos gelegt.

Ein Torpedo besteht in einem an den Enden abgerundeten Cylinder von etwa 2,5 bis $3{,}5^m$ Länge aus dickem Eisenblech, welcher mit 800 Pfund Pulver oder 200 bis 300 Pfund Dynamit gefüllt wird. Dieser Cylinder wird bis etwa 4^m unter das Wasser versenkt. Bisher wurden diese Torpedos gewöhnlich so eingerichtet, dass sie sich entzünden mussten, wenn ein über der Stelle hinfahrendes Schiff einen am Torpedo angebrachten sogenannten Selbstzünder berührte, der dicht unter der Wasserfläche schwamm. Man sieht leicht ein, dass bei dieser Einrichtung einerseits der Zweck leichter verfehlt werden kann, als wenn die Entzündung von dem Willen eines Beobachters abhängig gemacht ist, andererseits wird die Selbstentzündung auch leicht befreundeten Schiffen gefährlich, wenn dieselben aus Unkenntniss in das durch Torpedos geschützte Terrain gerathen.

Mittels des Distanzenmessers wird es möglich, durch die Beobachtung den Ort des Schiffes zu bestimmen, und dann von dem Beobachtungspunkte aus den Torpedo zur rechten Zeit zu entzünden.

Zu diesem Zwecke werden dann nicht Selbstentzünder verwandt, sondern es führt für diesen Fall ein Unterseekabel in den Torpedo. Die Seele des Kabels ist alsdann mit dem einen Pole des Stromerregers dagegen die eiserne Hülle mit dem anderen in Verbindung. Beide Leitungen führen innerhalb der Torpedo isolirt in eine Patrone, in der zur rechten Zeit entweder ein Funken von dem einen Leitungsdrahte zum anderen überspringen muss, oder ein Draht auf elektrischem Wege behufs der Entzündung zum Glühen gebracht wird.

Um das Erkennen des zum Entzünden richtigen Zeitpunktes zu erleichtern, sind die Torpedos in Zonen um den zu schützenden Ort, die Küste, das Fort, gelegt, während die beiden vorn erwähnten Lineale ein anderes Zeichen der eine halbe bis eine ganze Meile von einander entfernten Beobachter unnöthig macht, wenn nur die Lage der Torpedos auf der vorn erwähnten Karte genau verzeichnet ist.

XI. Abschnitt.

Die Versuche zur Anwendung des Elektromagnetismus als Triebkraft.

I.

Magnetanziehung.

§ 1.

Anwendung des Stahlmagneten.

1. Die elektromagnetischen Motoren. Unzweifelhaft wäre der durch den Elektromagnetismus bewirkte Fortschritt viel grösser, als er bereits durch Benutzung dieser Kraft zur Telegraphie ist, wenn die Anwendung bei Motoren im Stande wäre die Dampfmaschine zu ersetzen. Man ist deshalb von jeher bemüht gewesen, dem Elektromagneten diese Aufgabe zuzuertheilen, allein bis jetzt sind alle diese Bemühungen erfolglos geblieben.

Es wäre hiernach nicht nöthig, bei der Besprechung der Anwendung des Elektromagnetismus der zu dem genannten Zwecke gemachten Anstrengungen Erwähnung zu thun, wenn nicht durch dieselben wichtige Aufschlüsse über das Wesen dieser Kraft selbst erlangt worden wären, Aufschlüsse aus denen man wenigstens in ziemlich umfangreichem Maasse lernt, wie Motoren dieser Art nicht zu machen sind, wenn ihre Anwendung mit Erfolg gekrönt werden soll.

Die folgende Darstellung soll daher nicht alle in so grosser Zahl construirten Maschinen geben, sondern es sollen hier nur diejenigen beschrieben werden, welche als Repräsentanten der verschiedenen Principien betrachtet werden können, auf die man nach einander die Construktion der Modelle gegründet hat.

Die vielen bisher gefertigten Maschinen lassen sich zunächst in zwei Arten scheiden, in solche nämlich, bei denen die Bewegung durch

die Wirkung von Magneten auf einander und in solche, bei denen dieselbe durch die Wechselwirkung zwischen galvanischen Spiralen und Eisenstäben hervorgerufen wird. Die erstere dieser genannten Arten, bei der Magnete sich anziehen, zerfällt in vier Unterabtheilungen. Die Anziehung kann nämlich bewirkt werden

1. durch einen Elektromagneten und einen Stahlmagneten,
2. durch einen Elektromagneten und die Erde,
3. durch Elektromagnete oder Magnete und Anker, die in unmittelbare Berührung kommen.

2. Die erste elektromagnetische Maschine. Die erste elektromagnetische Maschine wurde von Dal Negro construirt und beruhte auf der Oscillation eines magnetischen Stahlstabes zwischen den beiden wechselnden Polen eines elektromagnetischen Hufeisens. Vorsselmann de Heer giebt eine kurze Beschreibung dieses Apparates, [1]) über welchen der Erfinder selbst in einer Abhandlung: „Nuova Macchina elettro-magnetica immaginata" vom März 1834 [2]) berichtet.

„Er nahm einen gewöhnlichen Magnetstab, der senkrecht zwischen den Armen eines weichen Hufeisens aufgestellt und von unten um eine wagerechte Axe drehbar war. Als er nun das weiche Eisen zu einem Elektromagneten machte, wurde das dem Eisen zugewandte Ende des Stabes durch einen der Pole angezogen, durch den anderen abgestossen, und so eine Schwankung in Richtung des freundschaftlichen Pols vollbracht. Darauf wurden die Pole des Hufeisens umgekehrt, die Anziehung ward in Abstossung und die Abstossung in Anziehung verwandelt; und so am Ende jeder Schwankung die Pole wechselnd, bekam er eine fortdauernde Schwingungsbewegung. Es kostete nur wenig Mühe, die Schwingung des Stabes selbst als Mittel zur Verwechslung der Pole zu benutzen, während diese schwingende Bewegung durch bekannte Mittel in eine drehende und fortschreitende Bewegung verändert und zur Hebung von Lasten gebraucht ward. Auf diese Weise erhielt Dal Negro eine Maschine, durch die er 180 Grm. in einer Minute zur Höhe eines Meter hob. Dies war die Nutzwirkung der ersten elektromagnetischen Maschine."

Vorsselmann de Heer fügt diesem Berichte bei: „Diese Vorrichtung von Dal Negro hat unzweifelhaft viele Gebrechen. Der Magnetstab, der durch seine Schwingung die Maschine in Bewegung

[1]) Pogg. Ann. 47, p. 76. [2]) Annali delle scienze del Regno Lombardo-Veneto.

setzte, wirkte nur durch Anziehung und Abstossung eines seiner Pole. Ueberdies mussten die Arme des weichen Hufeisens dicht bei einander stehen, wodurch das Vermögen jedes Poles auf sich selbst geschwächt ward. Dal Negro suchte später diesem Mangel dadurch abzuhelfen, dass er statt des Stabes einen Hufeisenmagnet anwandte."

Der wesentlichste Mangel beruht aber nach meiner Meinung in der Anwendung eines Stahlmagneten überhaupt.

Man hat zwar früher behauptet, die Wirkung eines Elektromagneten nehme mit der Entfernung in viel schnellerem Verhältnisse ab, als die eines Stahlmagneten, und deshalb werde die geringere absolute Kraft eines Stahlstabes, gegen die eines Elektromagneten von derselben Dimension, durch die Wirkung auf grössere Entfernung, durch den grösseren Hub, den er begünstige, wieder ausgeglichen; allein ich habe gezeigt,[1] dass dieser Satz nur richtig ist für den Vergleich der Tragkraft zweier Hufeisen mit ihrer Anziehung, und dass dagegen die Wirkung eines Elektromagneten auf verschiedene Entfernungen genau in demselben Verhältniss abnimmt, wie die eines Stahlmagneten von gleicher Form. Da nun bei derartigen Maschinen stets nur die Anziehung benutzt werden kann, und die absolute Kraft eines Stahlmagneten sehr gering ist, gegen die eines gleich geformten Elektromagneten bei mässiger Magnetisirung, so ist für alle Fälle die Anwendung eines Stahlmagneten unvortheilhaft.

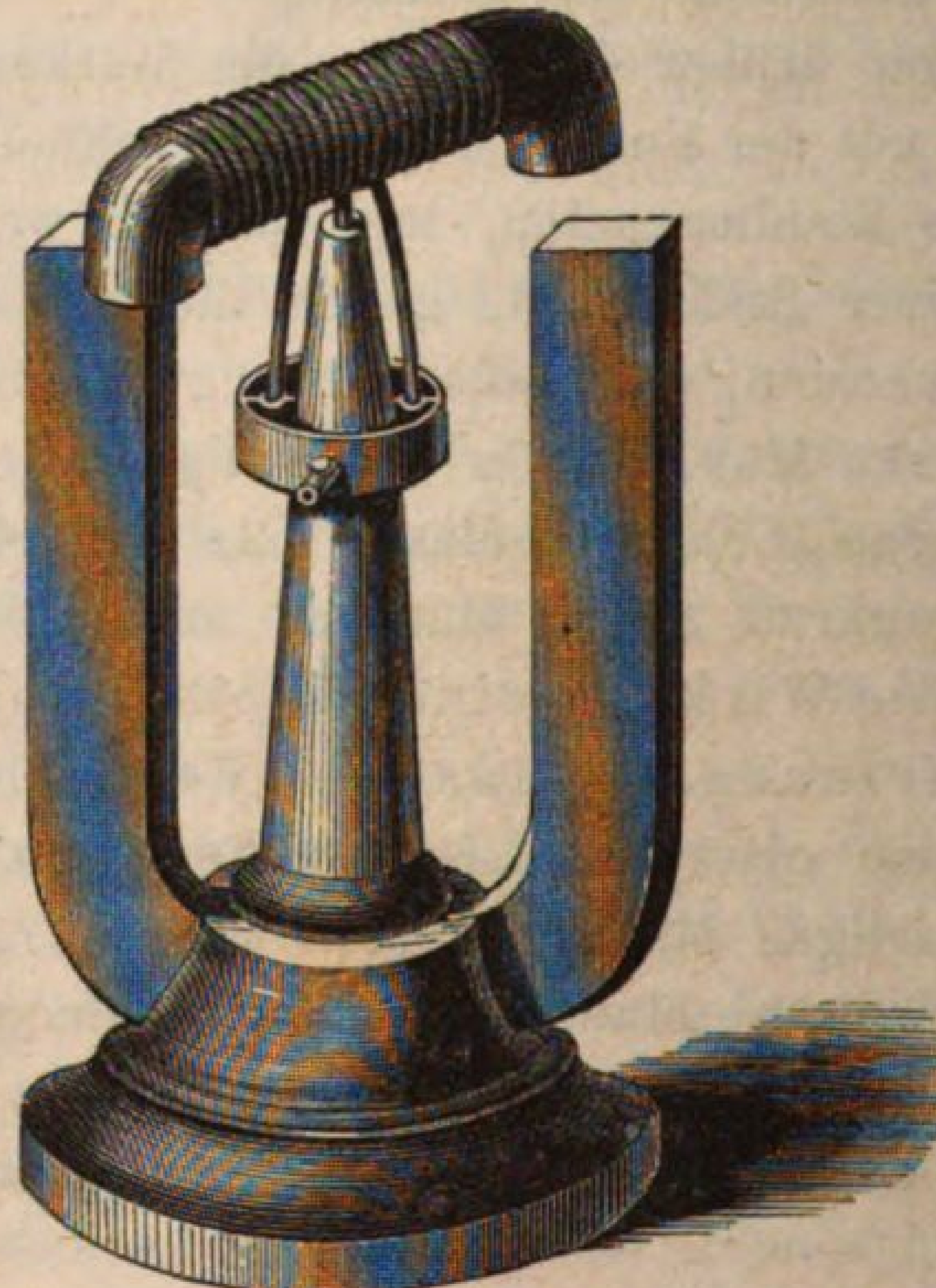
Ich kann hier noch bemerken, dass bei den oben angegebenen Messungen die Stromstärke nur ganz gering sein durfte, wenn der Elektromagnet eine dem Stahlmagneten gleiche Anziehung bei gleicher Entfernung äussern sollte. Um dem Elektromagnetstabe einen dem Stahlstabe gleichen Magnetismus zu ertheilen, wandte ich einen Strom an, der die Nadel der Tangentenbussole etwa auf 4° ablenkte. Dabei war die grösste Mühe darauf verwandt, den Stahlstab möglichst stark magnetisch zu machen. Freilich würde ein von Logemann gefertigter Magnet günstigere Resultate geben, obschon er gegen die Elektromagnete zurückbleiben müsste. Während in dem obigen Falle der angewandte Strom 4° stark war, lässt sich derselbe bei einem 1″ dicken Kerne sehr gut bis auf 60° erhöhen, ohne dass eine Abweichung von der Proportionalität zwischen Stromstärke und Magnetismus entsteht, d. h. man würde dem Elektromagneten etwa eine 25mal so grosse Kraft ertheilen können, als der Stahlmagnet bei aller Mühe erlangt

[1]) Dub Elektromagnetismus, p. 359 u. f.

hatte, ohne dass an jenem eine Annäherung an den Sättigungszustand zu beobachten wäre.

3. Ritchie's Maschine. Ritchie construirte ebenfalls eine Maschine, bei der ein elektromagnetischer Stab vor den Polen eines

Fig. 414.



hufeisenförmigen Stahlmagneten rotirt.[1]) Die Einrichtung derselben wird aus der beistehenden Fig. 414 klar.

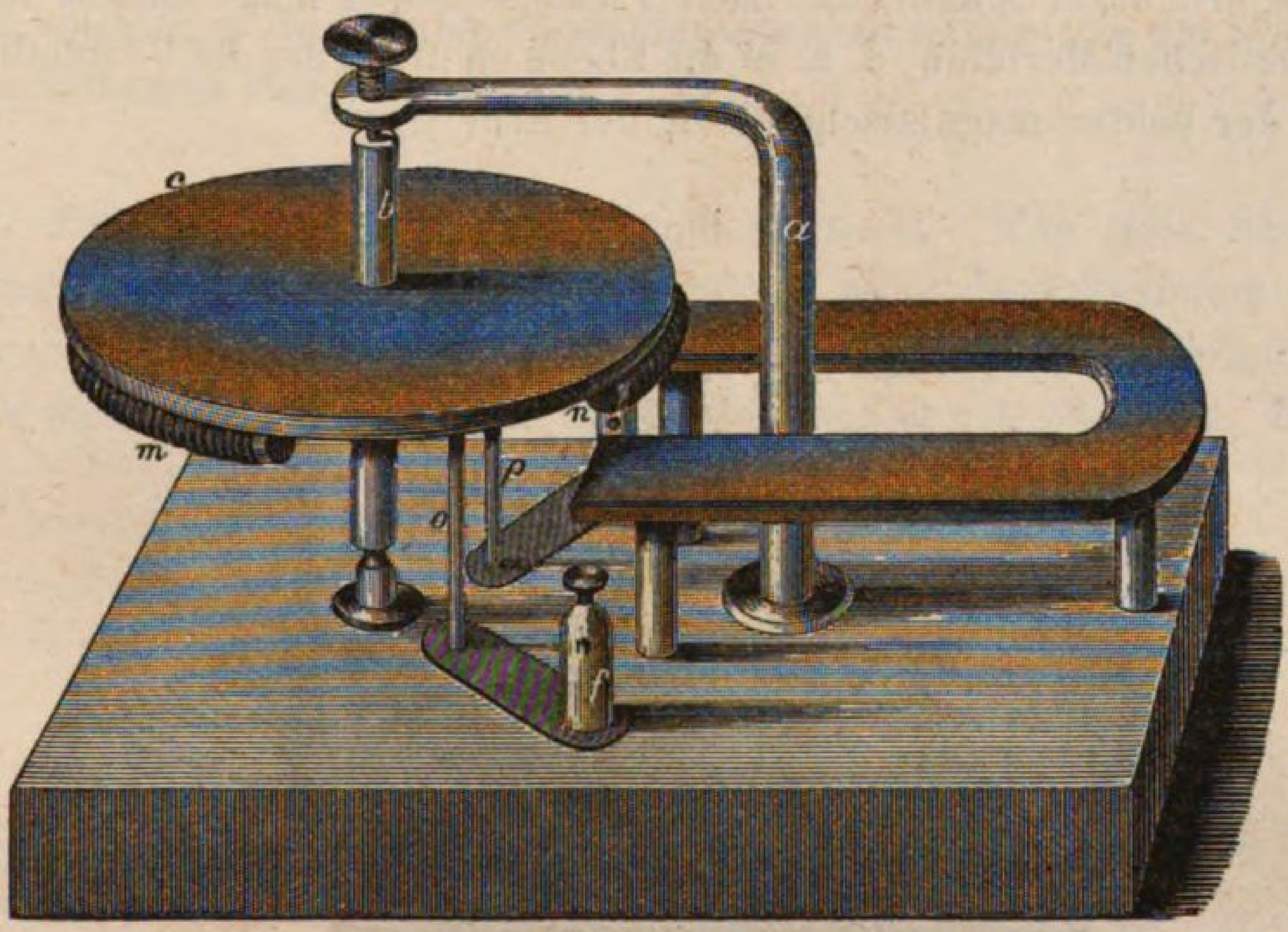
4. Maschine von d'Heureuse. Aus neuerer Zeit existirt noch eine auf dasselbe Princip basirte Maschine von d'Heureuse, welche, bei alleiniger Ueberwindung der Reibung und des Luftwiderstandes in so schnelle Rotation zu versetzen ist, dass sie von dem Erfinder als Farbenkreisel benutzt wurde. Die Einrichtung derselben geht aus Fig. 415 hervor.

Anf einem Brettchen ist ein rechtwinklig gebogener Arm *a* befestigt, welcher eine zwischen zwei Spitzen laufende 3″ lange Axe *b* senkrecht hält. Auf dieser Axe ist eine Holzscheibe *c* von 4″ Durchmesser horizontal befestigt. Die Unterseite dieser Holzscheibe trägt an der Peripherie zweier gegenüberstehender Quadranten entlang zwei Elektro-

[1]) Sturgeon Ann. of electr. 1, 113 (1837).

magnete *m* und *n*, welche aus starken Drahtbündeln bestehen. Die Enden der Drahtspiralen der Elektromagnete laufen an der Unterseite der Scheibe *c* nach einem Holzcylinder an der Axe *b*, an welchem auf sehr einfache Weise die Commutation so zu Stande gebracht ist, dass zwei Metallreifeu um denselben gelegt sind, von denen jeder nur zwei gegenüberliegende Quadranten in der Oberfläche des Cylinders hat, während die anderen beiden eingelassen sind. Nach einem dieser Metallreifen führen die Anfangs-, und nach dem anderen die Enddrähte der Spiralen, so dass die beiden Magnete gleichzeitig, aber im entgegen-

Fig. 415.



gesetzten Sinne magnetisch werden. Mittelst zweier Federn *o* und *p*, von denen eine auf jedem Metallreifen schleift, und die um einen Quadranten des Holzcylinders von einander entfernt stehen, wird der Strom bei einer jeden Viertelsdrehung der Scheibe umgesetzt, so dass bei jeder Umdrehung der Magnetismus in jedem Magnetbündel zweimal gewechselt wird. Durch zwei Klemmschrauben, von denen hier nur die vordere *f* vollständig zu sehen ist, wird der Strom nach den beiden Federn geführt. Ist der Strom in Thätigkeit, so fängt diese Vorrichtung an zu rotiren, sobald man der Scheibe einen, oder auch von zwei entgegengesetzten Seiten her zwei Stahl-Hufeisenmagnete nähert, so dass zweien Polen der Elektromagnete die beiden Pole des Stahlmagneten gegenüberstehen. Die Rotation ist natürlich um so kräftiger und schneller, je näher die Pole des Hufeisens denen der Elektromagnete

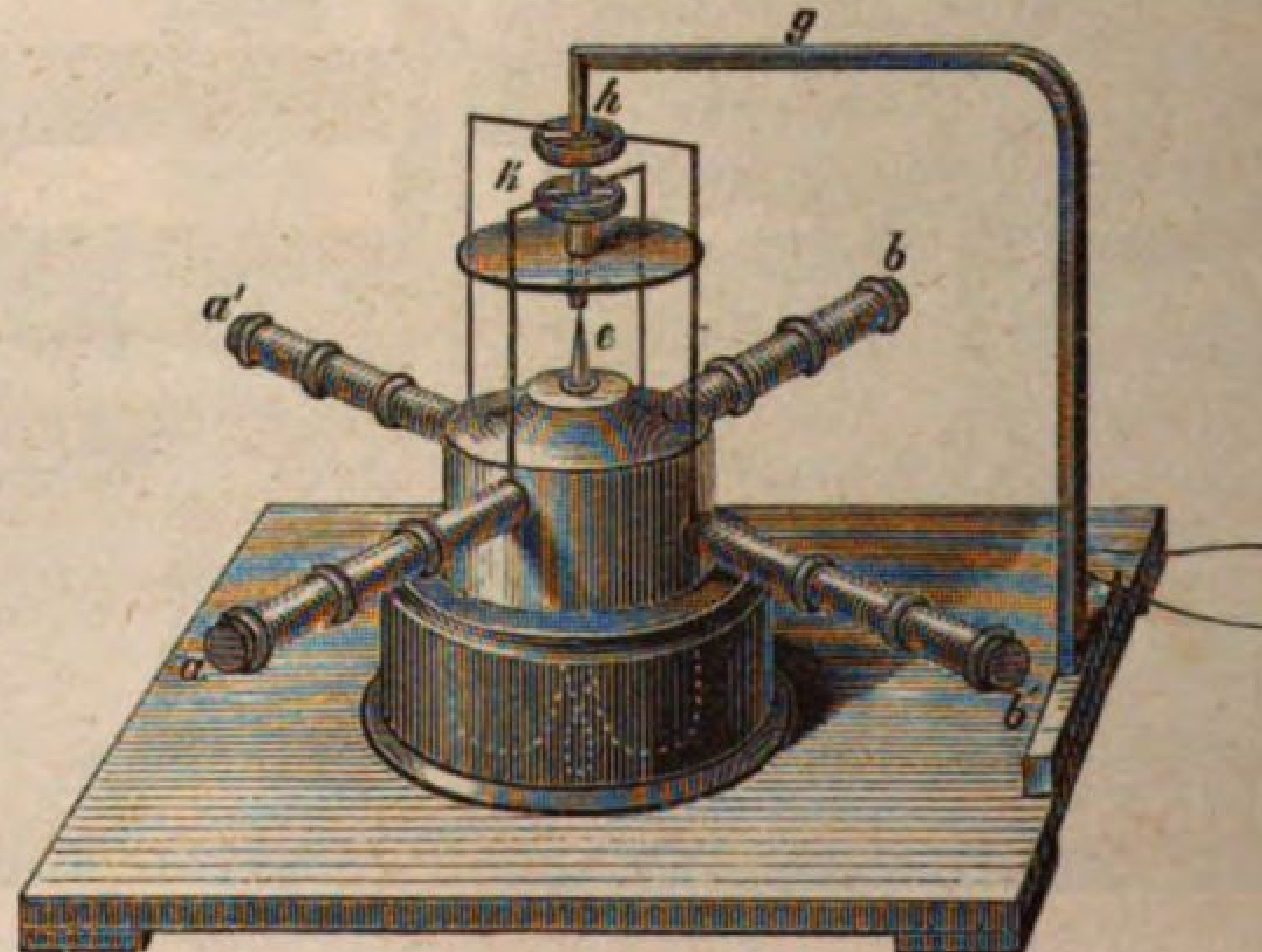
stehen. Die Commutation findet jedes Mal statt, wenn ein Pol eines der Elektromagnete sich auf halbem Wege zwischen den beiden Polen des Hufeisens befindet.

§ 2.

Der Erdmagnetismus wirkt statt des Stahlmagneten.

1. Die Maschine von v. Kramer. Es ist bekannt, dass die Erde wie ein constanter Stahlmagnet wirkt, so dass ein in der Horizontalebene drehbarer Magnetstab sich vermöge seines Magnetismus in den magnetischen Meridian, d. h. in die Ebene stellt, in der die Verbindungslinie der beiden magnetischen Pole der Erde liegt.

Fig. 416.



Wird nun die Polarität dieses Magnetstabes, sobald er die genannte Lage erreicht hat, umgekehrt, so muss eine Drehung desselben um 180° erfolgen. Hierauf gründete v. Kramer in Mailand [1]) die Construktion eines Rotationsapparates, der sowohl in Bezug auf die Schnelligkeit seiner Bewegung, als in Bezug auf die Kraft seine Erwartung übertraf.

Zwei Elektromagnete, *a b* und *a' b'*, Fig. 416, sind mittelst eines Holzklotzes senkrecht auf einander befestigt. Dieser Holzklotz läuft zwischen zwei Spitzen, deren obere *e* von dem Bügel *g* gehalten wird. An diesem Bügel befinden sich zwei Holznäpfchen *h* mit Quecksilber,

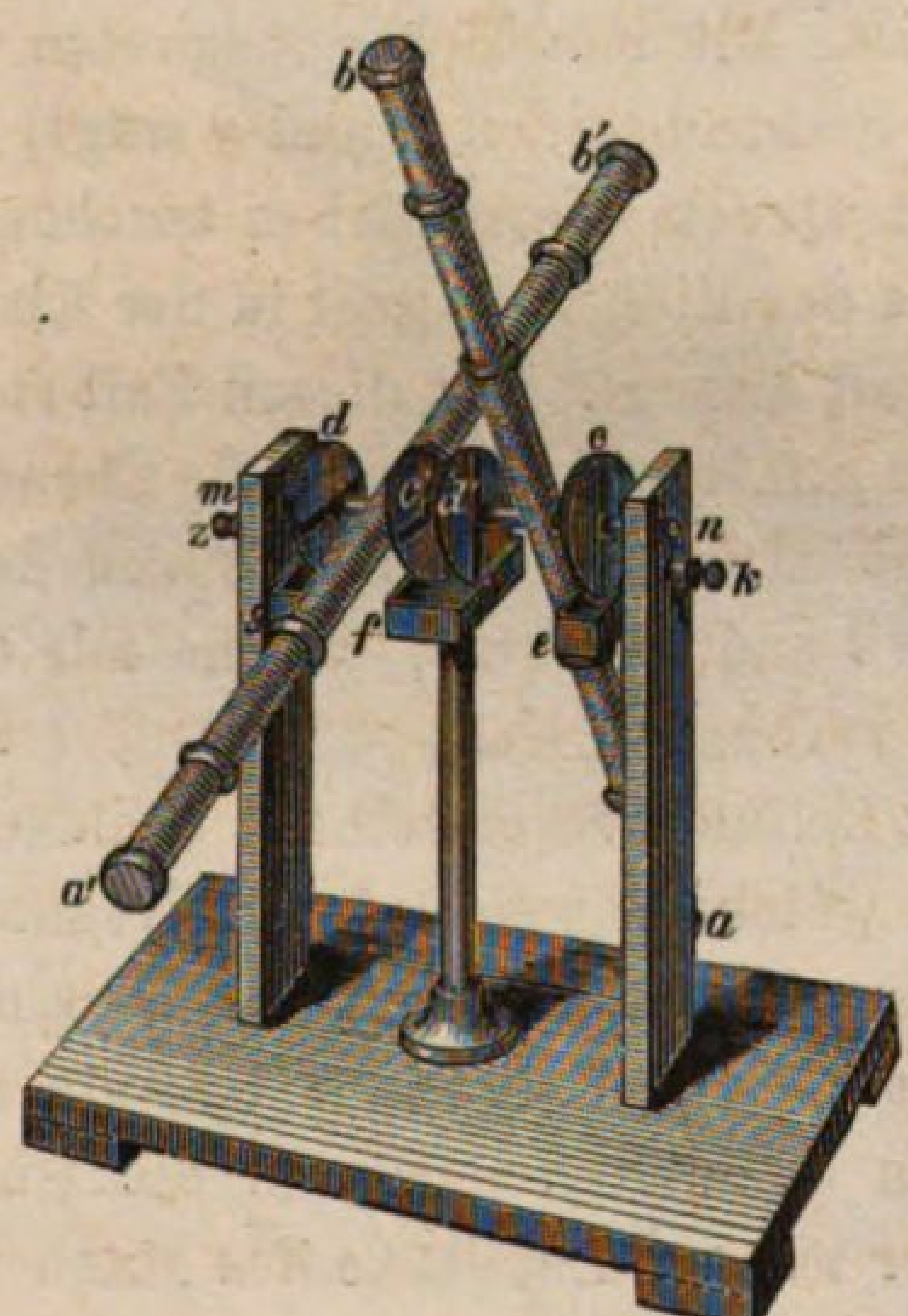
[1]) Pogg. Ann. 43, p. 304.

in welche die vier Enddrähte der Magnete tauchen und so die Commutation bewirken. Der Strom tritt mittelst zweier Drähte aus und ein, die an dem Ständer *g* entlang nach den Quecksilbergefässen führen. Die Commutation geschieht durch Scheidewände von Holz, welche das Quecksilber in den Näpfen scheiden. Jede Hälfte dieser Näpfe wird so weit mit Quecksilber gefüllt, dass sein Rand noch über die Holzwand emporreicht, ohne dass beide Hälften in einander fliessen. Dadurch wird es möglich, die rechtwinklig gebogenen Leitungsdrähte der Magnete in das Quecksilber tauchen zu lassen, ohne dass dieselben bei der Rotation die Holzwände berühren.

Dieser Apparat giebt das Maximum seiner Wirkung, wenn er so gestellt wird, dass die Scheidewände der Quecksilbernäpfe in der Ebene des magnetischen Meridians liegen.

2. Zweite Maschine von v. Kramer. Man sieht leicht, dass Magnete, welche sich horizontal drehen, nicht dass Maximum der Kraft geben, die durch die Wirkung des Erdmagnetismus zu erhalten ist. Um diese zu erreichen muss die Einrichtung so getroffen sein, dass

Fig. 417.



der rotirende Magnet bei seiner Umdrehung einmal in die Stellung kommt, welche die Inclinationsnadel an dem Orte des Experiments hat. Dies ist der Fall, wenn die Rotationsebene des Magneten mit der Ebene

des magnetischen Meridians zusammen fällt, oder wenn sie senkrecht auf der Meridianebene steht und dabei mit dem Horizonte den Winkel der Inclinationsnadel macht.

Ein den ersten der eben genannten Fälle repräsentirenden Apparat stellt die Fig. 417 dar. [1]) Der Apparat hat seine Maximumsstellung, wenn die die Commutation bewirkenden Rädchen in der Ebene des magnetischen Meridians liegen.

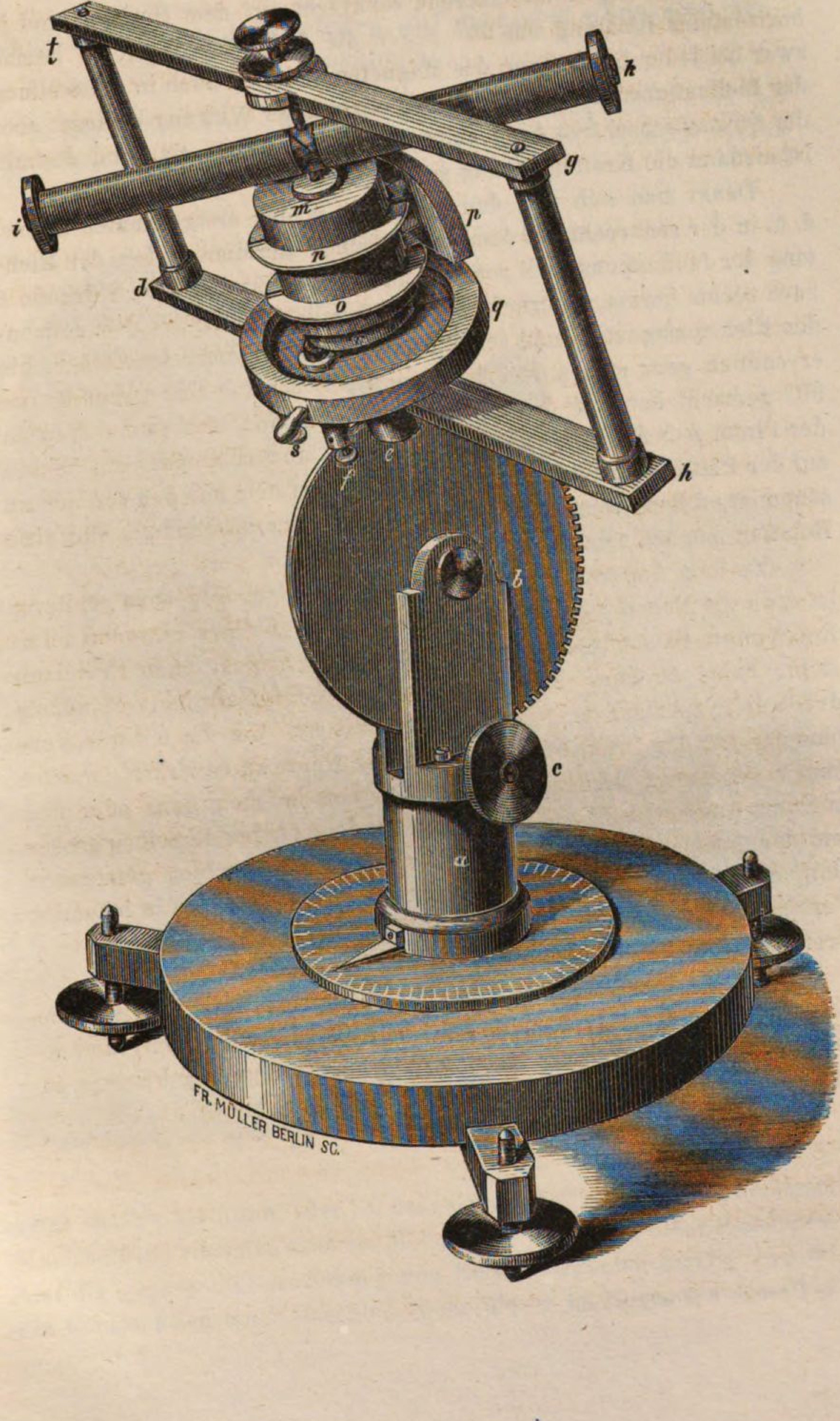
3. Maschine für jede beliebige Stellung der Magnete. Die Fig. 418 stellt den Apparat dar, welcher im physikalischen Cabinet des Gymnasiums zum grauen Kloster in Berlin behufs der Veranschaulichung dieser Erdwirkung vorhanden ist, und mittelst dessen dem rotirenden Magneten jede beliebige Stellung im Raume gegeben werden kann, so dass er während seiner Rotation vom Maximum seiner Geschwindigkeit bis zum Stillstande gebracht werden kann.

Ein mit einem Zeiger versehener Ständer *a* ist über einem getheilten Kreise drehbar. Dieser Ständer trägt eine Metallscheibe *b*, welche so weit als nöthig mit Zähnen versehen und mittelst der Schraube *c* drehbar ist. Die Scheibe *b* trägt bei *e* ein aus Metallstäben gebildetes Parallelogramm *d t g h*, zwischen dessen Seiten der Elektromagnet *i k* auf Spitzen drehbar ist. Mit dem Elektromagneten dreht sich ein Holzcylinder *m*, der zwei Stahlschneiden *n* und *o* trägt, die in zwei auf der Holzplatte *p* befestigte Quecksilbernäpfchen tauchen, wenn der Apparat die Stellung hat, dass der Elektromagnet in der Ebene rotirt, in der er das Maximum der Kraft äussert. Für diesen Fall steht dann in unseren Breiten die Holzplatte *p* fast horizontal und die Ebene der Stahlschneiden *n* und *o* fast vertikal. Die Leitungsdrähte von der Säule werden zu den Klemmschrauben *s* und *f* geführt, welche mit den auf *p* stehenden Quecksilbernäpfchen verbunden sind.

Die beiden, die Leitung vermittelnden Stahlschneiden sind je in zwei Hälften getheilt, welche von einander isolirt sind, und die Leitungsdrähte sind so mit diesen Hälften verbunden, dass mit dem Uebergange des Stromes aus der einen Hälfte in die andere ein Stromwechsel in der Spirale des Magneten stattfindet. Da nun die Unterbrechungsstellen der Schneiden in einer mit der Längsaxe des Magneten parallelen Linie liegen, so findet wegen der Lage dieser Unterbrechungsstellen das Maximum der Kraftäusserung nur in der Stellung statt, wenn die Rotationsebene des Magneten senkrecht auf dem magnetischen Meridian

[1]) Karsten Encyclopaedie, Heft IV, p. 330,

Fig. 418.



und ausserdem in der Richtung der magnetischen Inclination des Ortes liegt. Stände die Rotationsebene senkrecht auf dem Horizont und in horizontaler Richtung um 90° gegen die frühere gedreht, so kommt zwar bei jeder Umdrehung des Magneten derselbe auch in die Stellung der Inclinationsnadel, welche das Maximum der Wirkung bedingt; aber der Stromwechsel tritt dann nicht in dieser Stellung ein, und deshalb ist alsdann die Kraftäusserung geringer.

Denkt man sich nun den Magneten in der erstgenannten Ebene, d. h. in der senkrecht auf dem magnetischen Meridian und in der Richtung der Inclinationsnadel rotiren, und man dreht dann die Schraube *c* nach rechts herum, so erhebt sich das Parallelogramm mit dem rotirenden Elektromagneten, und seine Triebkraft wird immer schwächer, bis er endlich ganz stehen bleibt, wenn die Scheibe *b* eine Drehung um 90° gemacht hat. In diesem Falle läuft nun aber das in den Näpfen der Platte *p* befindliche Quecksilber heraus und man muss die beiden auf der Platte *q* befindlichen Näpfe, von denen hier nur der vordere zu sehen ist, füllen, wenn eine leitende Verbindung vorhanden, und also Rotation möglich sein soll.

Die dem Apparat in der Zeichnung der Figur gegebene Stellung ist etwa die Neigung des Elektromagneten, bei welcher er, wenn seine Rotationsebene senkrecht auf der Ebene des magnetischen Meridians steht, keine Drehung zeigt, auch wenn die Quecksilberverbindung durch die Näpfe auf der Platte *q* hergestellt ist. Um die leitende Verbindung mit der Drahtspirale durch diese Näpfe zu bewirken, welche immer gebraucht werden, wenn der Magnet in einer ganz oder fast horizontal liegenden Ebene rotirt, sind die Drahtenden derselben ausser mit den beiden Schneiden *n* und *o* noch mit den beiden getrennten Hälften einer dritten Schneide *p* unten an dem Cylinder *m* in leitender Verbindung, welche in dem Quecksilber der Näpfe auf der Platte *q* streifen und so die Verbindung mit *s* und *f* herstellen.

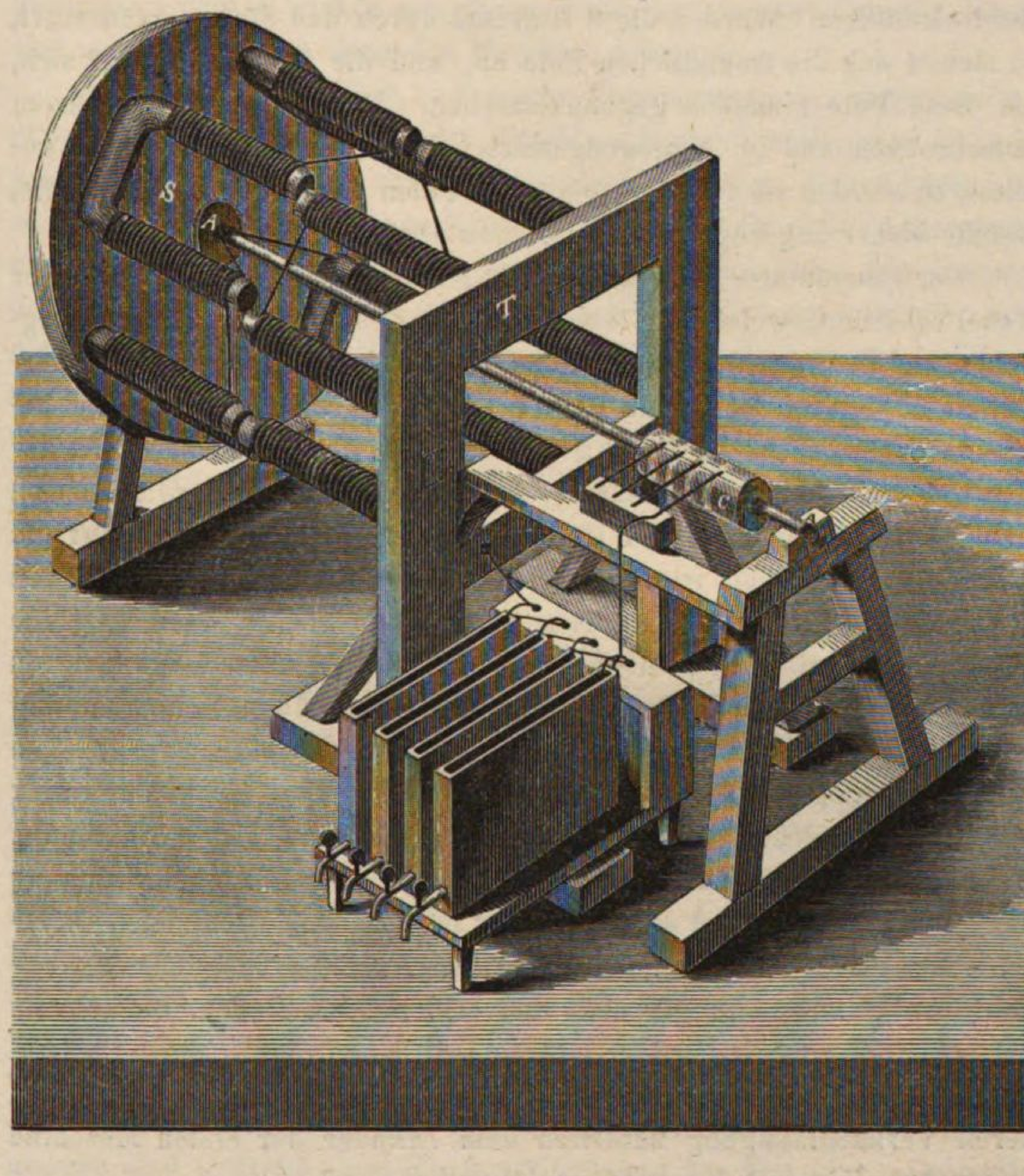
Durch die Drehbarkeit des Ständers *a* um seine Axe lässt sich die Rotationsebene des Magneten in jede beliebige Lage bringen, und so aus der Geschwindigkeit der Rotation diejenige Stellung nachweisen, in welcher der Apparat das Maximum der Kraft hat.

§ 3.

Zwei Elektromagnete wirken auf einander ohne sich zu berühren.

1. Maschine von Jacobi. Zwei Elektromagnete können bei ihrer Verwendung zu einer Maschine entweder auf einander wirken

Fig. 419.



ohne sich zu berühren, oder so, dass sie wirklich in Berührung kommen. Nach beiden Principien existiren Modelle elektromagnetischer Maschinen. Auf die gegenseitige Anziehung von Elektromagneten basirte Jacobi die Construktion einer Maschine, über die er im November desselben

Jahres in welchem Dal Negro seine Maschine contruirte, der Pariser Akademie Mittheilung machte.[1])

Jacobi stellt auf einer beweglichen Scheibe *S*, Fig. 419, vier Hufeisenelektromagnete *a*, *b*, *c*, *d* vier anderen gegenüber, welche an dem Ständer *T* unbeweglich befestigt sind. Die bewegliche Scheibe wird von einer Welle *A A* getragen, auf der bei *C* die Vorrichtung für den Stromwechsel, der Commutator, angebracht ist. Die 8 Polenden der vier Hufeisenpaare stehen so, dass ihre Verbindungslinien ein reguläres Achteck bilden. Werden die 8 Hufeisen durch den Strom magnetisirt, so ziehen sich die freundlichen Pole an, und die Scheibe bewegt sich, bis diese Pole einander gegenüberstehen. Wird alsdann der Strom unterbrochen und im entgegengesetzten Sinne durch die Spiralen geleitet, so werden sie von den folgenden Polen angezogen, während die, welche bisher angezogen haben, sie nun abstossen u. s. w.

Der Commutator besteht aus vier Kupferscheiben, auf denen vier Hebel schleifen, welche die leitende Verbindung zwischen dem beweglichen und dem festen Systeme der Hufeisen in geeigneter Weise herstellen und durch isolirende Stellen den Stromwechsel rechtzeitig bewirken, wie dies in der Figur angedeutet ist. Jacobi bemerkt bei der Beschreibung dieses Commutators, dass dasselbe System der Polwechsel sich auf eine jede Zahl von Hufeisen anwenden lasse, wenn nur die isolirenden und nicht isolirenden Abtheilungen der Zahl nach jenen gleich sind. Soviel ich sehe, liesse sich bei der vorliegenden Maschine die Commutation wohl in noch etwas einfacherer Weise bewirken, da ja ein Stromwechsel in dem Systeme der festen Magnete nicht nöthig ist. Der Commutator setzt dem guten Gange einer elektromagnetischen Maschine manche Schwierigkeiten entgegen, weil, wie schon erwähnt, durch die an den Unterbrechungsstellen zwischen dem schleifenden Hebel und der rotirenden Scheibe entstehenden Funken Verbrennung des Metalls bewirkt und so die Leitung durch die sich bildenden Oxydschichten geschwächt wird. Man hat daher auf eine möglichst geringe Zahl von Unterbrechungsstellen und schleifenden Hebeln Bedacht zu nehmen. Wir werden später Gelegenheit haben, dergleichen Commutatoren zu beschreiben, in denen Umstände in Betracht gezogen sind, deren Vernachlässigung natürlich dem Erfinder der ersten Maschine dieser Art nicht zum Vorwurf gereichen kann.

2. Die Gegenströme. Jacobi macht sogleich bei der Mittheilung über die eben genannte Maschine auf das Haupthinderniss in

[1]) Sur l'appication de l'électromagnétisme au mouvement des machines, 1835.

der Wirkung dieser Maschinen aufmerksam. Dasselbe besteht in den bei der Bewegung sich erzeugenden Inductionsströmen, welche den bewegenden Volta'schen Strömen entgegen wirken. Bei einer sich bewegenden Maschine entstehen Induktionsströme sowohl durch Voltainduktion, als Magnetinduktion, welche letzteren sowohl durch das Entstehen und Verschwinden des Magnetismus, als durch die Annäherung und Entfernung der Magnete von einander erzeugt werden. Alle diese genannten Ströme wirken schwächend auf den magnetisirenden Strom und müssen also den Gang der Maschine hemmen.

Dass nun in der That eine solche Verringerung des angewandten Stromes bei der Bewegung der Maschine vorhanden ist, wies Jacobi sogleich an der von ihm zuerst construirten Maschine direct nach. Er schaltete in den galvanischen Kreis der Maschine ein Galvanometer ein und bemerkte nun, während er die Maschine anhielt, eine Abweichung der Nadel auf 60°. Als er nun die Maschine in Bewegung setzte, fing die Nadel an, sich zurück zu bewegen, und that dies um so mehr, je mehr sich der Gang der Maschine beschleunigte. Als derselbe gleichförmig geworden war, so dass die Maschine 60 Umdrehungen in der Minute machte, stand die Nadel auf 47°. War der Strom bei der stillstehenden Maschine nur 47°, so zeigte er sich zu schwach, um den Apparat in Bewegung zu setzen.

3. Andere Hindernisse der Kraftäusserung. Ausser diesen Gegensströmen, welche in einer jeden Maschine vorhanden sind und die Kraft des magnetisirenden Stromes schwächen, erwähnen wir sogleich noch anderer Hindernisse der Kraft, die nicht bei jeder Art von Maschinen auftreten. Diese Hindernisse sind einerseits der remanente Magnetismus der Eisenstangen, andererseits die Zeit, welche der wirklich verschwindende Magnetismus gebraucht. Haben sich die Magnetpole einander genähert, so dass sie sich gegenüberstehen, so muss der Magnetismus Behufs der weiteren Drehung in dem einen Pole umgekehrt werden. Nun verschwindet aber, wie früher gezeigt ist, [1]) der vorher vorhandene Magnetismus weder vollständig in dem Kerne, noch wird der wirklich verschwindende plötzlich wirkunglos. Beide Erscheinungen sind Ursache einer Kraftverringerung der Maschine. Die erste derselben bleibt bei einer jeden Geschwindigkeit gleich, wogegen die zweite den Gang um so mehr hemmt, je schneller derselbe ist.

[1]) Abschnitt II, § 5.

4. Anwendung der Maschine. Mit einer nach dem angegebenen Princip construirten Maschine trieb Jacobi im Jahre 1839 ein Boot auf der Newa, das 28′ Länge, $7^1/_2$′ Breite und $2^3/_4$′ Tiefgang hatte, und in dem sich 14 Personen befanden. Es bewegte sich mit einer Geschwindigkeit von $2^1/_4$ englischen Meilen in der Stunde. Die angewandte Maschine wurde mit 64 Grove'schen Bechern, von denen jeder eine Platinplatte 39□″ Oberfläche hatte, in Bewegung gesetzt. Jacobi sagt in Bezug auf diese Maschine: [1]) „Obwohl diese Resultate vielleicht nicht die übertriebenen Erwartungen einiger Personen befriedigen mögen, so muss doch daran erinnert werden, dass im vorhergehenden Jahre, als ich dieses Boot durch dieselbe Maschine und eine mit Kupfervitriollösung geladene Batterie von 320 Plattenpaaren, jede Platte von 36□″ bewegte, nur die Hälfte dieser Geschwindigkeit erreicht wurde. Diese ungeheure Batterie nahm einen bedeutenden Raum ein, und die Handhabung war äusserst beschwerlich. Richtige Veränderungen in der Vertheilung der Stäbe, in der Einrichtung des Commutators und zuletzt in den Principien der Volta'schen Batterie, führten zu dem erfolgreichen Resultat des folgenden Jahres."

Schon vor dieser Anwendung der elektromagnetischen Maschine hatten Stratingh und Becker zu Gröningen mittelst einer von ihnen construirten Maschine einen Wagen in Bewegung gesetzt. Die Einrichtung ihrer Maschine war folgende: [2]) „Zwischen den Polen eines weichen Hufeisens ist ein ähnlicher Stab, wie ihn Ritchie bei der vorn beschriebenen Maschine anwendet, um eine senkrechte Axe drehbar. Beide werden zu Elektromagneten gemacht, und durch eine zweckmässig ausgeführte Verwechslung der Pole bekommt man eine drehende Bewegung, die durch ein Kronrad auf die horizontale Axe eines Wagens übertragen wird und diesen in Bewegung setzt."

Im Jahre 1836 construirte Botto in Turin einen ähnlichen Wagen. Die von ihm angewandte Maschine hatte eine Kraft, dass 25 solcher Maschinen nöthig gewesen wären, um eine Watt'sche Pferdekraft hervorzubringen.

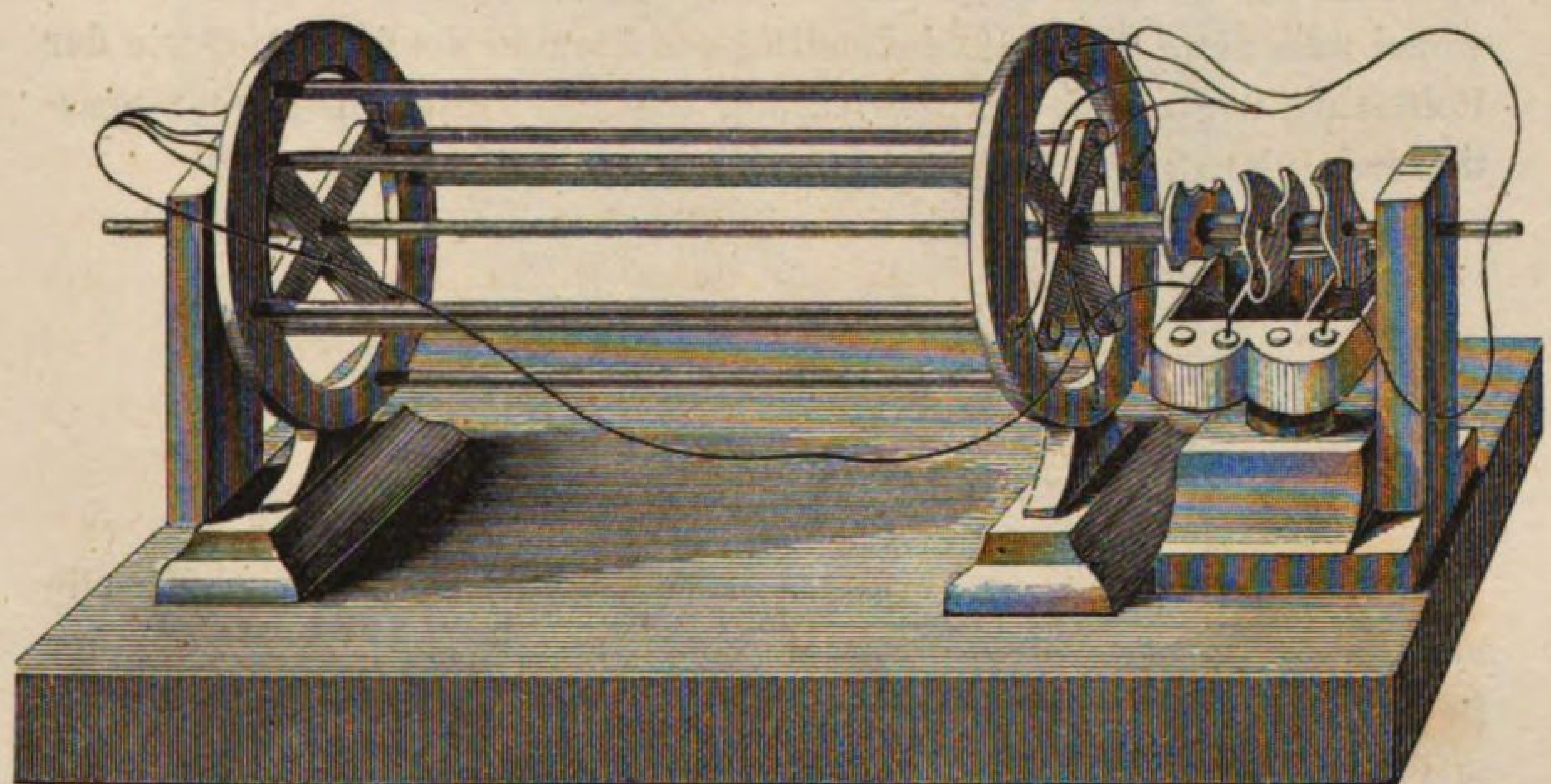
5. Vorsselmann de Heer ändert das Princip der Anziehung der Pole von Elektromagneten dahin ab, dass er die ganzen Magnetstäbe an einander vorbeiführt. Er sagt: „Bei den anderen Apparaten wird der bewegliche Stab rechtwinklig vor den Polen des festen Hufeisens oder Cylinders vorbeigeführt. Das Eigenthümliche meiner Vor-

[1]) Pogg. Ann. 51, p. 366. [2]) Ebendas. 37, p. 78.

richtung besteht darin, dass die Stäbe nicht rechtwinklig, sondern parallel an einander gestellt sind, so dass jeder Punkt des festen Stabes auf jeden Punkt des beweglichen eine wechselseitige Wirkung ausübt, und diese Wirkungen vereinigen sich sämmtlich, um die Bewegung in derselben Richtung hervorzubringen."

Die beistehende Fig. 420 zeigt die Einrichtung dieser Maschine. Vier Stäbe von weichem Eisen sind in dem Umfang einer cylindrischen Hülle befestigt, so dass sie die vier Kanten eines in den Cylinder beschriebenen Parallelopipedums bilden. Die die Stäbe umgebende

Fig. 420.



Kupferspirale, die hier der bessern Veranschaulichung wegen nicht mit gezeichnet ist, wird bei zweien rechts, bei zweien links gewunden, so dass die abwechselnden Magnete gleiche Pole nach derselben Seite kehren. Innerhalb dieser vier Magnete bewegen sich parallel mit diesen vier andere, so dass sie bei der Rotation so dicht wie möglich an den festen vorbei streifen. Der Verfertiger glaubt durch diese Einrichtung im Vergleich zu den in anderer Weise sich gegen einander bewegenden Magneten anderer Maschinen an Kraft zu gewinnen; allein dieser Gewinn ist sehr fraglich. Mir sind keine Versuche bekannt über das Verhältniss der Kraft, mit der zwei Magnete seitwärts angezogen werden, gegen die, mit der dieselben conaxial auf einander wirken. Vorausgesetzt, die Kraft wäre dieselbe bei gleicher Entfernung der Magnetpole, was ich aber bezweifle, und es ginge daraus ein Gewinn hervor, dass alle Theile auf der ganzen Länge der Magnete anziehend wirken, so müsste doch dieser Gewinn entschieden dadurch wieder verloren

gehen, dass in diesem Falle die Kerne einander bei Weitem nicht in dem Maasse genähert werden können, als wenn die Endflächen einander gegenüber gestellt werden. Bei sorgfältiger Arbeit wird diese Entfernung auf ein Minimum verringert, während sie im ersten Falle um so grösser wird, je dicker die Spirale ist. Das Bedenken, dass die Wirkung im Ganzen der Entfernung umgekehrt proportional ist, und dass bei $^1/_{180}$″ Entfernung der Magnete von einander die Kraft höchstens noch $^1/_3$ von der in Berührung ist, dürfte wohl von einer ähnlichen Construktion abhalten.

Die grösste Anzahl der Modelle ist nach dem soeben besprochenen Principe der wechselseitigen Anziehung von Elektromagneten construirt, wobei man dann die verschiedenartigsten Formen der Magnete, wie der Polflächen derselben, der Bewicklung und der Vertheilung der magnetisirenden Kraft überhaupt in Anwendung gebracht hat.

§ 4.

Die Magnete kommen zur Berührung.

1. Maschine von Grüel. In neuester Zeit sind zwei Modelle angefertigt worden, bei denen die angezogenen Kerne während der Bewegung in unmittelbare Berührung mit einander kommen.

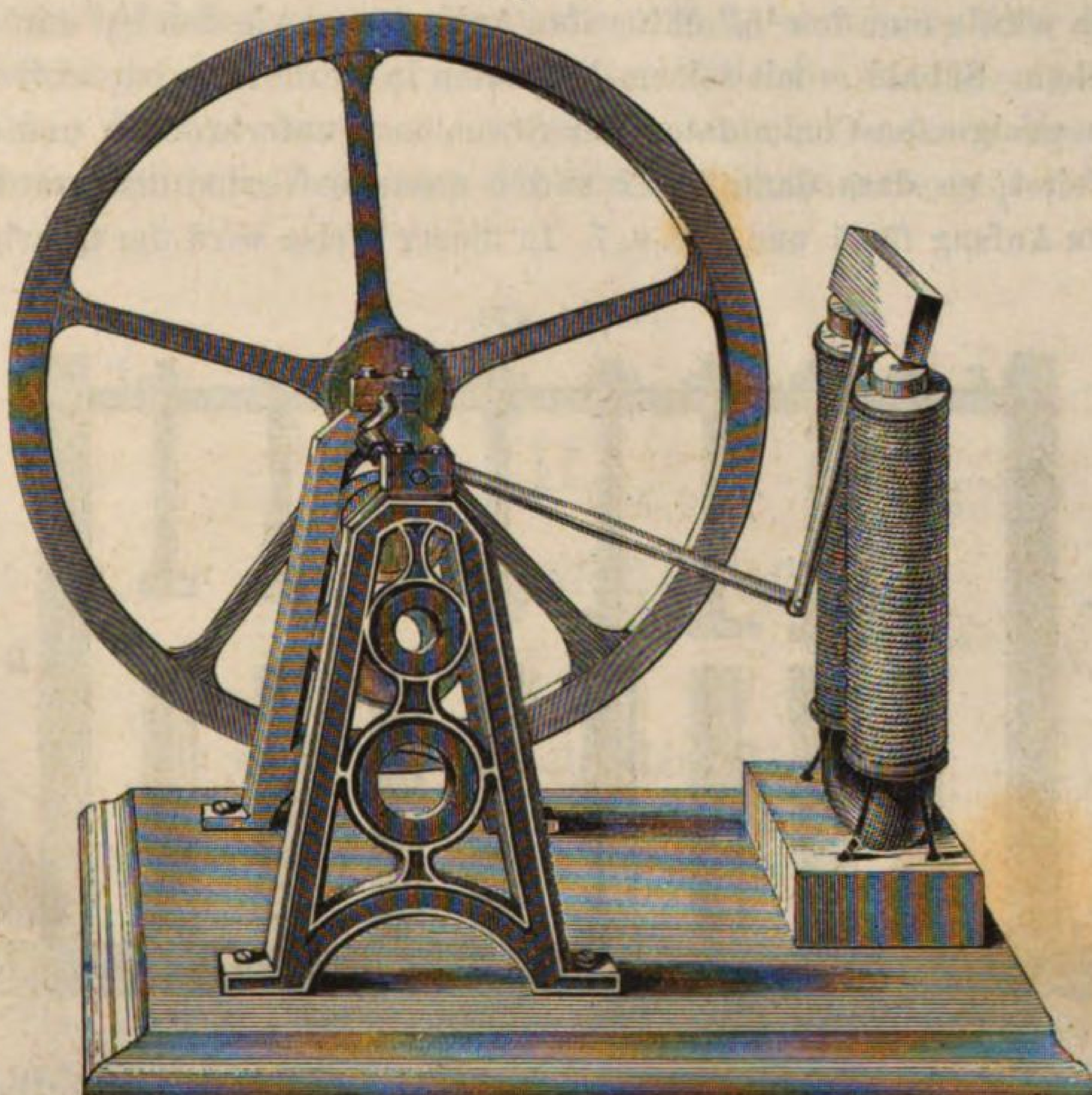
Das erste derselben ist von Grüel.[1]) Er benutzt diejenige Kraft, mit der ein Magnet den schief auf seine Pole aufgesetzten Anker gerade zu richten strebt, so dass die anfängliche Kantenberührung am Ende in den vollständigen Contakt der plangeschliffenen Ankerfläche mit der Magnetfläche übergeht, wobei nun jeder Querschnitt des Ankers gleichzeitig eine Winkelbewegung macht. Dass die hierbei geäusserte Kraft nicht eben gering ist, davon kann man sich beim Auflegen des Ankers auf den Magneten in der angegebenen Weise leicht überzeugen. Die Maschine wirkte mit zwei Magneten, deren Schenkel $4^1/_2$″ lang und 1″ dick waren. Der Kupferdraht auf den vier Schenkeln war $1{,}5^{mm}$ dick und wog im Ganzen $4^5/_8$ Pfd. Die Magnete wirken alternirend, dagegen waren die Anker so mit einander verbunden, dass die Bewegung des einen gleichzeitig die des anderen bewirkte.

Diese Maschine gab mit zwei kleinen Eisenzinkelementen von 14□″ wirksamer Oberfläche 0,03 Pferdekraft.

[1]) Pogg. Ann. 89, p. 155.

Die hier gezeichnete Fig. 421 stellt eine Grüel'sche Maschine mit nur einem Hufeisenmagneten dar. Sie wirkt ohne Umkehrung nur durch Unterbrechung des Stroms, welche zweimal bei einer jeden

Fig. 421.



Umdrehung des Schwungrades in dem Momente geschieht, wo die Ankerfläche in vollkommene Berührung mit den Magnetpolflächen tritt. Kurz vor diesem Momente hat die auf den Krummzapfen ausgeübte Triebkraft ihr Maximum.

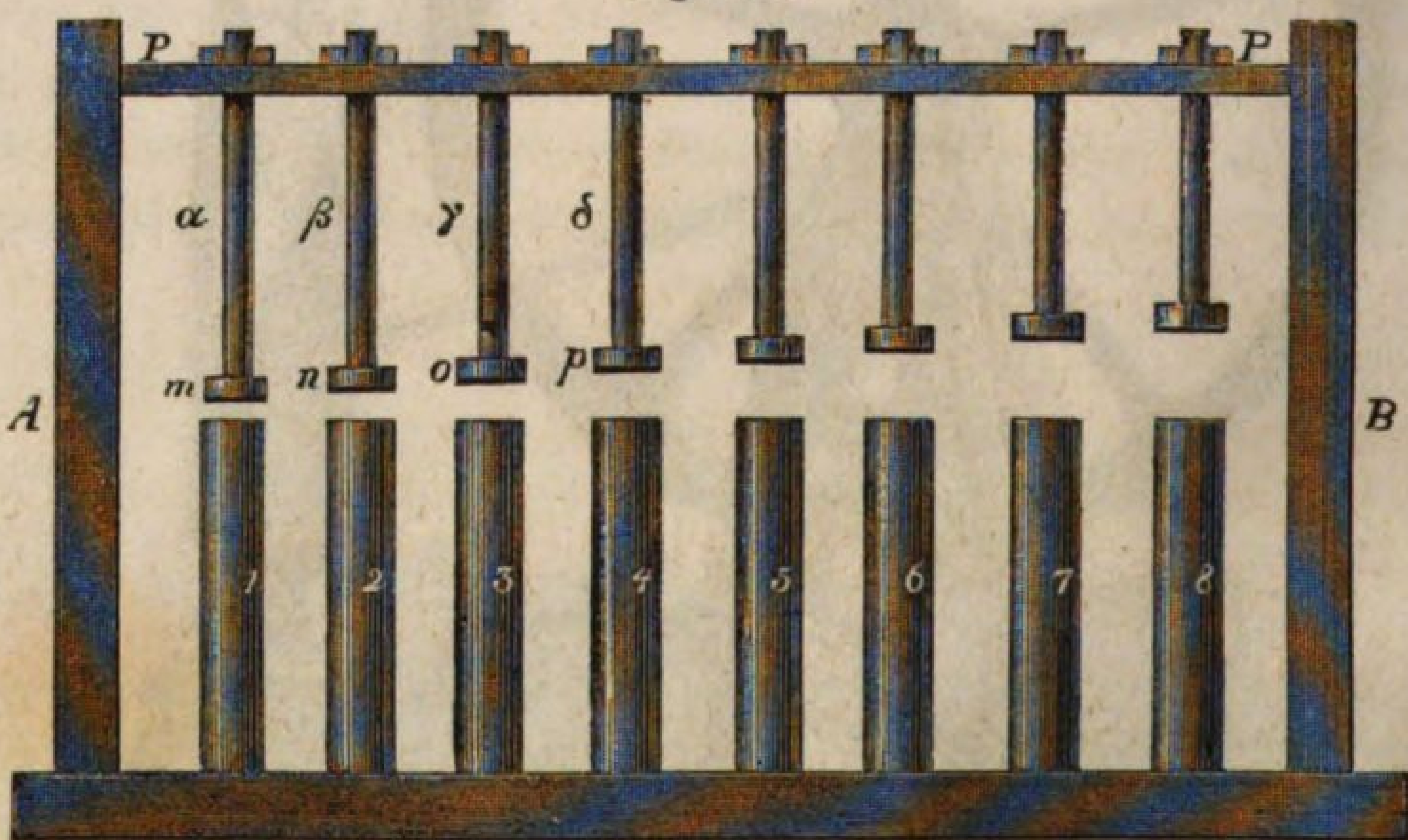
2. Maschine von Zöllner. Das zweite Modell einer elektromagnetischen Maschine, bei welcher die wirksamen Polflächen mit einander in Berührung kommen, ist von Zöllner angefertigt.[1])

Die Einrichtung dieser Maschine wird aus Fig. 422 klar. Es seien *a*, *b*, *c* etc. die Pole cylindrischer und senkrecht befestigter Magnete. *A* und *B* seien zwei Schienen, innerhalb deren sich der horizontale Querbalken *P P* leicht auf und ab bewegen lässt. Dieser Balken ist in der verlängerten Axe der Elektromagnete durchbohrt, so dass sich die

[1]) Pogg. Ann. 101, p. 139.

Anker *m*, *n*, *o*, *p* etc., die an den Stäben α, β, γ etc. befestigt sind, senkrecht über den Magneten befinden. Diese Stäbe sind so verkürzt, dass die aufeinander folgenden Anker immer je um etwa $^1/_8$″ weiter von ihren Magneten entfernt sind. Ein die beiden Magnete 1 und 2 umfliessender Strom würde nun den $^1/_8$″ entfernten Anker *m*, sowie den $^2/_8$″ entfernten anziehen. Sobald *m* mit seinem Magneten in Berührung ist, wird durch einen geeigneten Commutator der Strom in 1 unterbrochen und durch 3 geleitet, so dass dann für 2 und 3 dasselbe Verhältniss stattfindet, wie zu Anfang für 1 und 2 u. s. f. In dieser Weise wird der Querbalken

Fig. 422.



P P durch die 8 Elektromagnete 1″ weit mit der Kraft fortbewegt, deren Minimum die Wirkung jedes der Magnete auf $^1/_8$ und deren Maximum die Tragkraft ist. Durch Vermehrung der Magnete kann der Hub beliebig vergrössert werden, ohne dass eine Verstärkung des Stromes erforderlich wäre.

Die angewandten Magnete sind wie die von Romershausen construirt, und gewähren allerdings durch ihre grosse Kraft Vortheile vor den bisher benutzten.

Der Erfinder hebt hervor, dass bei dieser Einrichtung der sonst so hinderliche Induktionsstrom auf ein Minimum reducirt sei, was jedoch eines experimentellen Nachweises bedarf. Der Extracurrent, wie die Induktion durch den entstehenden Magnetismus, sind hier in demselben Maasse, wie bei jedem anderen Magneten vorhanden, und der letztere ist der Menge des erregten Magnetismus proportional. Was nun den durch die Annäherung der Anker erregten Induktionsstrom betrifft, auf den der Erfinder hier nur Rücksicht nimmt, so sehe ich nicht, aus

welchem Grunde derselbe hier geringer sein soll, als bei anderen Maschinen. Dieser Strom ist nämlich der Geschwindigkeit der Annäherung und der Intensität des Magnetismus proportional. Beide Grössen sind in dem vorliegenden Falle bedeutend, und daher muss auch die Induktion wie in jedem anderen Falle vorhanden sein. Hierzu kommt noch, dass in dem vorliegenden Falle die Annäherung in der Richtung der Axe der Spirale stattfindet, was bei anderen Maschinen nicht der Fall ist. Dadurch wird aber die Induktion vergrössert.

II.

Spiralenanziehung.

§ 5.

Gerade Stäbe als Magnetkerne.

1. Maschine von Stöhrer. Die von einem galvanischen Strome durchflossene Spirale kann auf zweifache Art als bewegende Kraft zu einer Maschine benutzt werden. Man kann einerseits die Spiralwindungen wie Windungen eines Multiplicators und einen zwischen dieselben gebrachten Magneten statt der Nadel anwenden, andererseits kann man einen Eisenstab conaxial in die Spirale einführen und die anziehende Kraft dieser Spirale auf den Eisenkern benutzen, um eine Bewegung hervorzubringen. In dem ersten Falle wird die ausstossende Kraft, im anderen die Anziehung der Spirale benutzt.

Die Kraft, mit welcher eine Spirale von der Gestalt der Multiplicatorspiralen einen in der Ebene dieser Windungen befindlichen, und um seinen Mittelpunkt drehbaren Magneten aus dieser Ebene herausstösst, wurde von Stöhrer als Triebkraft für eine Maschine angewandt.[1])

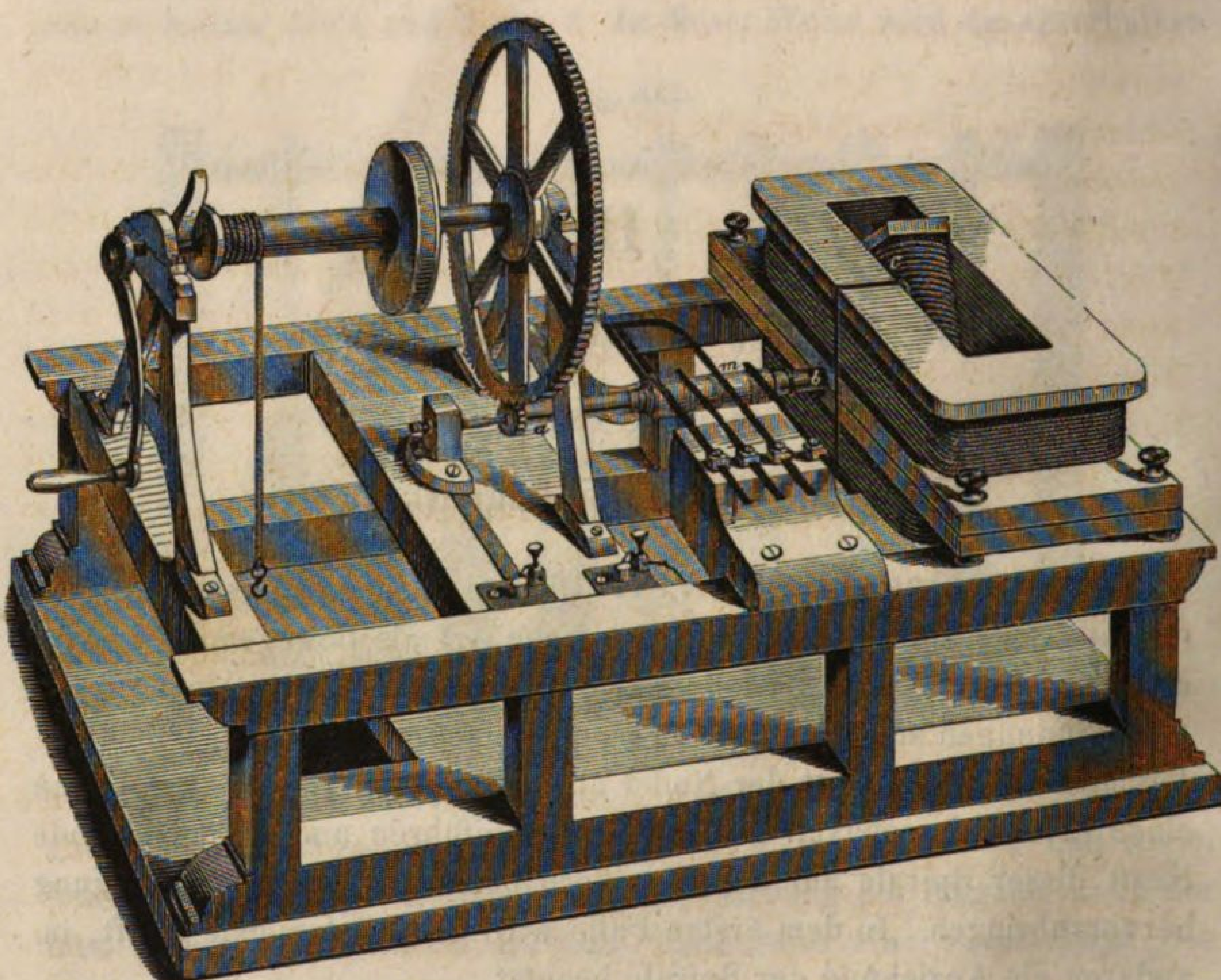
Die Fig. 423 stellt die Maschine dar, welche Stöhrer construirt hat. Eine horizontale Welle *a* b, welche zwischen Spitzen drehbar ist, trägt den Elektromagneten *c*. Die Spirale besteht aus zwei Theilen und ist auf zwei Holzrahmen gewickelt, welche an einander befestigt sind. Die beiden Spiralen haben 160 und der Elektromagnet hat 132 Windungen

[1]) Pogg. Ann. 69, p. 83.

von 2^{mm} dicken Kupferdraht. Der Elektromagnet ist an den Enden mit starken viereckigen Eisenplatten versehen.

Damit eine Rotation des Elektromagneten erfolge, ist eine geeignete Commutation *m* auf der Welle *a b* angebracht, welche nach jeder halben Umdrehung des Magneten den Strom in den Multiplicatorwindungen umkehrt, ohne denselben in der Spirale des Magneten zu ändern. Durch

Fig. 423.



den unverändert bleibenden Strom in der Spirale des Kernes erhält diese Maschine einen Vortheil vor den bisher besprochenen Apparaten. Alle Maschinen nämlich, deren Bewegung durch eine Umkehrung des Magnetismus im Elektromagneten bewirkt wird, verlieren an Kraft, wie wir gesehen haben, durch den der Bewegung entgegenwirkenden remanenten Magnetismus; dieser Kraftverlust ist hier nicht vorhanden, weil der Strom nur in der Spirale umgekehrt wird, in welcher diese Umkehrung ohne nachtheiliges Residuum zu Stande kommt. Ebenso wenig wie der remanente Magnetismus kann bei dieser Maschine die Zeit nachtheilig wirken, welche der Magnetismus zu seiner vollständigen Entwickelung

nöthig hat, weil ja der Magnetismus immerwährend in dem Kerne erhalten wird, und die Zeit, welche der Strom gebraucht, um in der Spirale zur vollen Entwickelung zu kommen, für die hier angewandten Spiralen gewiss geringer ist, als wenn diese den Kern eng umschliessen.

Hiernach hätte also diese Maschine bedeutende Vorzüge vor den bisher besprochenen, allein es machen sich bei dieser Einrichtung noch andere Fragen geltend, deren Beantwortung wohl ungünstig für diese Combination ausfallen dürfte. Wenngleich nämlich die Kraftverluste bei der vorliegenden Einrichtung nicht so bedeutend sind, wie bei den bisher genannten Maschinen, so fragte sich andererseits, in welchem Verhältniss die ursprüngliche Kraft dieser Maschine zu der früheren bei gleichem Verbrauch stehe.

Bei dieser Maschine wird nämlich der Strom ausser durch die Windungen des rotirenden Magneten durch die sehr weiten Windungen des Multiplicatorgewindes geleitet, dessen ausstossende Kraft die Bewegung bewirkt. Es ist nun die Frage, in welchem Verhältniss diese Kraft zu derjenigen stehe, mit welcher im Kreise um den Magneten stehende Hufeisen den rotirenden Magneten in Bewegung setzen würden, wenn sie mit derselben Drahtmenge eng umwickelt würden. In diesem Falle würde derselbe Verbrauch stattfinden, während doch höchst wahrscheinlich die bewegende Kraft grösser wäre.

Vergleichende Messungen in Bezug auf diesen Fall sind bis jetzt noch nicht angestellt, aber es leuchtet ein, dass, wenn die ausgesprochene Vermuthung sich bestätigt, die Einrichtung Stöhrer's doch eine Kraftverschwendung wäre.

Mittelst dieser Maschine fand Stöhrer folgende Kraftzunahme mit Vergrösserung der Batterie, welche aus Bunsen'schen Elementen bestand:

1 Element	27'	Pfund
2 Elemente	60'	„
3 „	120'	„
4 „	180'	„
5 „	230'	„

Hinsichtlich der Form der Polflächen des rotirenden Elektromagneten hat Stöhrer beobachtet, dass für den vorliegenden Fall um so grössere Kraft gewonnen wird, je ausgebreiteter die Polfläche ist. Er wendet daher Magnetkerne an, die in eisernen Platten von der Breite des inneren Raumes der anstossenden Spirale endigen. [1])

[1]) Siehe Dub Elektromagnetismus, p. 333.

2. Maschine von d'Heureuse. Nach Stöhrer's Princip hat d'Heureuse eine Maschine construirt, welche als eine Verbesserung der Stöhrer'schen angesehen werden muss. Dieser Physiker wendet statt der einen Spirale Stöhrer's drei solcher Spiralen an, welche, in einander gesteckt, unter Winkeln von 60° einander schneiden, wie die Fig. 424 zeigt. In dem durch die Spiralen offen gelassenen Raume bewegen sich, statt des geraden Elektromagneten von Stöhrer, zwei auf der Peripherie einer Scheibe befestigte Elektromagnete von der Länge eines Quadranten dieser Scheibe, wie sie in der Figur zu sehen sind. Die beiden gleichnamigen Pole derselben sind daher um 180° von einander entfernt.

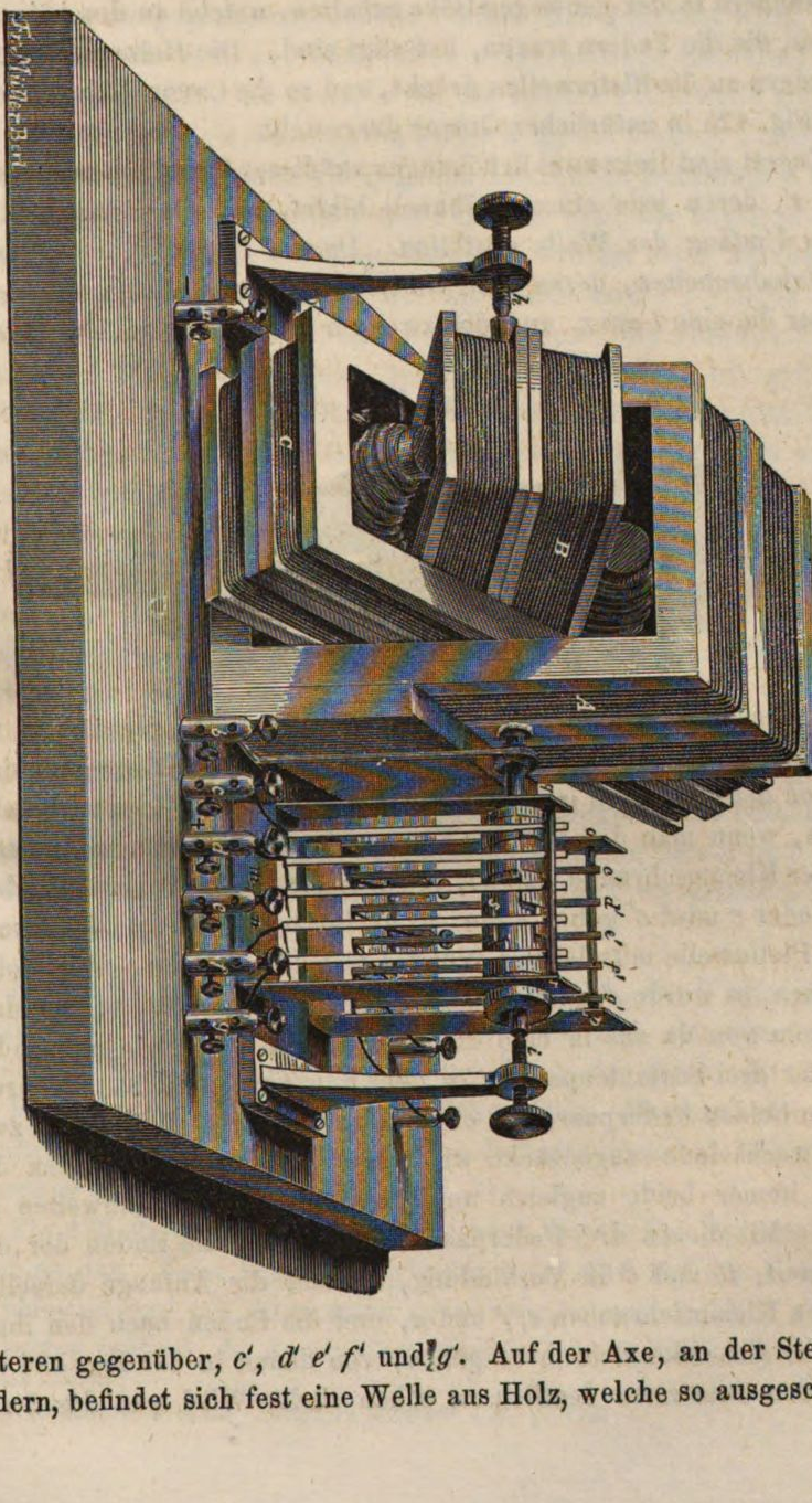
Diese Abweichung hinsichtlich des Magneten von dem einfachen Stöhrer'schen gewährt eben keinen wesentlichen Vortheil, wohl aber bietet die Anwendung der drei Spiralen einen solchen dar. Ohne nämlich den Verbrauch zu erhöhen, wird die Kraft bedeutend vergrössert, wenn der Strom jedes Mal die Spirale zu durchlaufen beginnt, an deren Windungen der entsprechende Magnetpol eben herantritt. Da in diesem Momente das Maximum der Kraftäusserung vorhanden ist, so wird dies Maximum bei der Einrichtung d'Heureuse's bei einer ganzen Umdrehung des Magneten sechs Mal benutzt, während es bei der Stöhrer-schen Einrichtung nur zwei Mal geschieht.

Die Commutation bietet bei dieser Einrichtung einige Schwierigkeiten, doch hat d'Heureuse diese in folgender einfacher Weise überwunden. Der Strom muss beständig den Magneten und, während eines Weges dieses Magneten von 180°, nach einander die drei Spiralen durchlaufen, so dass er immer bei einer Fortbewegung des Magneten, oder hier der beiden Magnete, um 60° in die folgende Spirale tritt. Die Leitung des Stromes durch den Magneten geschieht mittelst zweier Federn, welche auf kleinen mit Kupferblech überzogenen Holzwellen schleifen, die sich zu beiden Seiten der Spirale *A* befinden, und nach denen hin der Anfang und das Ende der isolirten Drahtbewicklung der Magnetkerne auf der Welle entlang führen. Durch diese Leitung geht der Strom beständig in derselben Richtung, und daher sind diese Federn ganz ausser Verbindung mit dem Commutator. Der Strom wird durch die Klemmschraube *a* in die Magnetspirale hinein- und durch die Klemmschraube *b* wieder aus derselben herausgeleitet. Von dieser geht er mittelst der Schraube *c* in den Commutator, der folgende Einrichtung hat.

In einer horizontalen Holzleiste *m n* sind 5 senkrecht in die Höhe stehende Kupferfedern befestigt, welche mit den Klemmschrauben *c*, *d*, *e*,

f und *g* in leitender Verbindung stehen, wie die Figur zeigt. Ebenso befinden sich 5 andere Federn auf der anderen Seite der Axe *h i* den

Fig. 424.

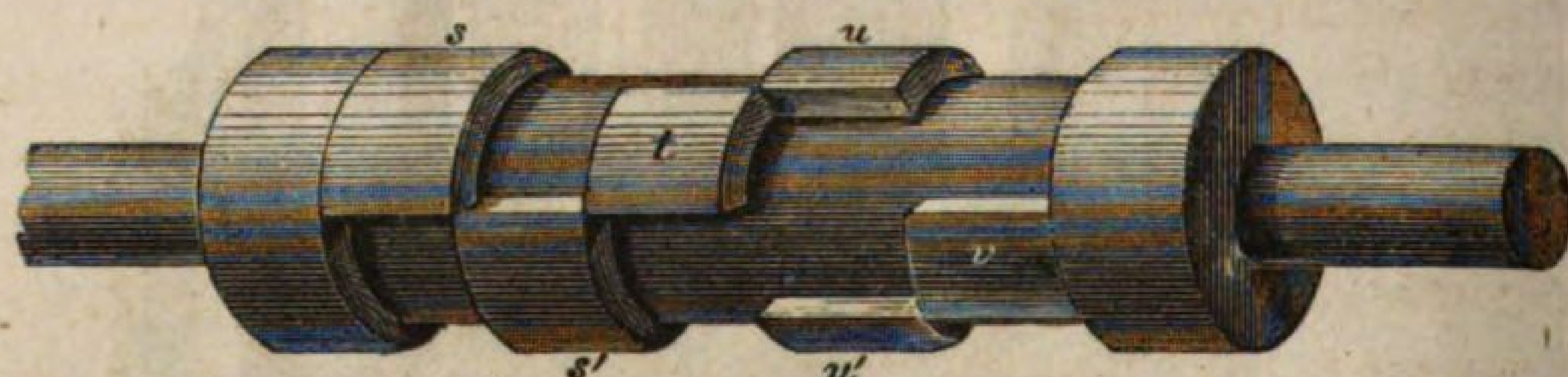


ersteren gegenüber, c', d' e' f' und g'. Auf der Axe, an der Stelle der Federn, befindet sich fest eine Welle aus Holz, welche so ausgeschnitten

und mit Erhabenheiten versehen ist, dass sie bei ihrer Rotation immer nach einander die Federn *c* oder *c'* und *d*, oder *d'* und je ein Paar der Federn *e* und *e'*, oder *f* und *f'*, oder *g* und *g'* an die beiden mit starkem Platin überzogenen Cylinder *o p* und *q r* drückt. Diese Cylinder werden von Ständern in der gehörigen Höhe gehalten, welche an den hölzernen Leisten, die die Federn tragen, befestigt sind. Die Holzwelle, welche die Federn an die Platinwellen drückt, und so die Commutation bewirkt, ist in Fig. 425 in natürlicher Grösse dargestellt.

Zuerst sind links zwei Erhöhungen auf dieser Welle neben einander, *s* und *s'*, deren jede einen Halbkreis bildet, und die zusammen den ganzen Umfang der Welle ausfüllen. Darauf folgen neben einander drei Erhabenheiten, deren jede einen Sextanten umfasst, von denen hier nur die eine *t* ganz, und die zweite *u* halb zu sehen ist. Diesen

Fig. 425.



drei erhabenen Sextanten stehen drei andere diametral gegenüber, von denen man in der Figur den zweiten *u'* halb, und den dritten *v* ganz sieht.

Von den 10 Federn ist nun *c* mit *c'*, und *d* mit *d'* leitend verbunden, so dass, wenn man den aus der Klemmschraube *b* kommenden Strom nach der Klemmschraube *c* leitet, er entweder durch die damit verbundene Feder *c* oder *c'* gehen kann, je nachdem die nähere oder fernere an die Platinwelle mittelst der Wulst *s* angedrückt wird. Wir wollen annehmen, es würde *c'* an die Platinwelle *o p* angedrückt, so geht dann der Strom von da aus in eine der drei Federn *e'*, *f'* *g'*, je nachdem eines der drei Sextantenpaare *t*, *u* oder *v* in Thätigkeit ist. Während von den beiden Federpaaren *c*, *c'* und *d*, *d'* immer nur eine, und zwar die abwechselnde angedrückt wird, werden von den anderen drei Paaren immer beide zugleich an ihre zugehörigen Platinwellen gedrückt. Mit diesen drei Federpaaren stehen nun die Enden der drei Spiralen *A*, *B* und *C* in Verbindung, so dass die Anfänge derselben nach den Klemmschrauben *e*, *f* und *g*, und die Enden nach den ihnen gegenüberstehenden Schrauben gehen, von denen in der Fig. 424 nur die beiden äussersten deutlich zu sehen sind. Wird nun der Strom

durch die Klemmschraube *d* nach der galvanischen Säule zurückgeleitet, so ist bei jeder Stellung der Commutatorwelle leitende Verbindung vorhanden, nur dass der Strom entweder durch die Spirale *A*, oder *B*, oder *C* nach *d* hingeleitet wird, je nachdem das Federpaar *e*, *f* oder *g* an die gegenüberstehenden Platinwellen gedrückt wird.

Nehmen wir z. B. an, dass durch den erhabenen Halbkreis *s* der Holzwelle, Fig. 425, die Feder *c'* an die hintere Platinwelle gedrückt wird, so drückt *s'* gleichzeitig die Feder *d* an die vordere Platinwelle. Drücken nun gerade auch die gegenüberstehenden Sextanten *u* und *u'* das Federpaar *f* und *f'* an die Platinwelle, so geht der negative Strom von *a* durch die Spirale des Magnetkernes, von da bei *b* heraus nach *c* und der Feder *c'*, dann durch die Platinwelle nach *f'*, von da durch die Spirale *B* in die Feder *f*, mittelst dieser durch die Platinwelle nach *d* und so in die Säule zurück. In diesem Falle wird, bei gehöriger Richtung des Stromes, der Magnet durch die Spirale *B* geführt. Ist er durch diese hindurch, so fangen jetzt die Sextanten *t* an zu wirken, der Strom geht durch die Spirale *A* und führt den Magneten weiter durch diese, etc.

Hat der Magnet in dieser Weise 180° seiner Bahn durchlaufen, so wechselt die Wirkung der beiden halbkreisförmigen Erhabenheiten *s* und *s'* auf der Commutatorwelle, und es werden nun die beiden Federn *c* und *d'* angedrückt. Das Spiel der Sextanten beginnt von vorn, nur dass jetzt der Strom zuerst durch die vordere Platinwelle geht, wodurch dann der Strom in allen drei Spiralen entgegengesetzte Richtung erhält und so die Magnete, die dieselbe Richtung des Magnetismus beibehalten, weiter führt, bis sie den ganzen Kreis durchlaufen haben und durch den wieder umgekehrten Strom in den Spiralen in fortgesetzter Rotation erhalten werden.

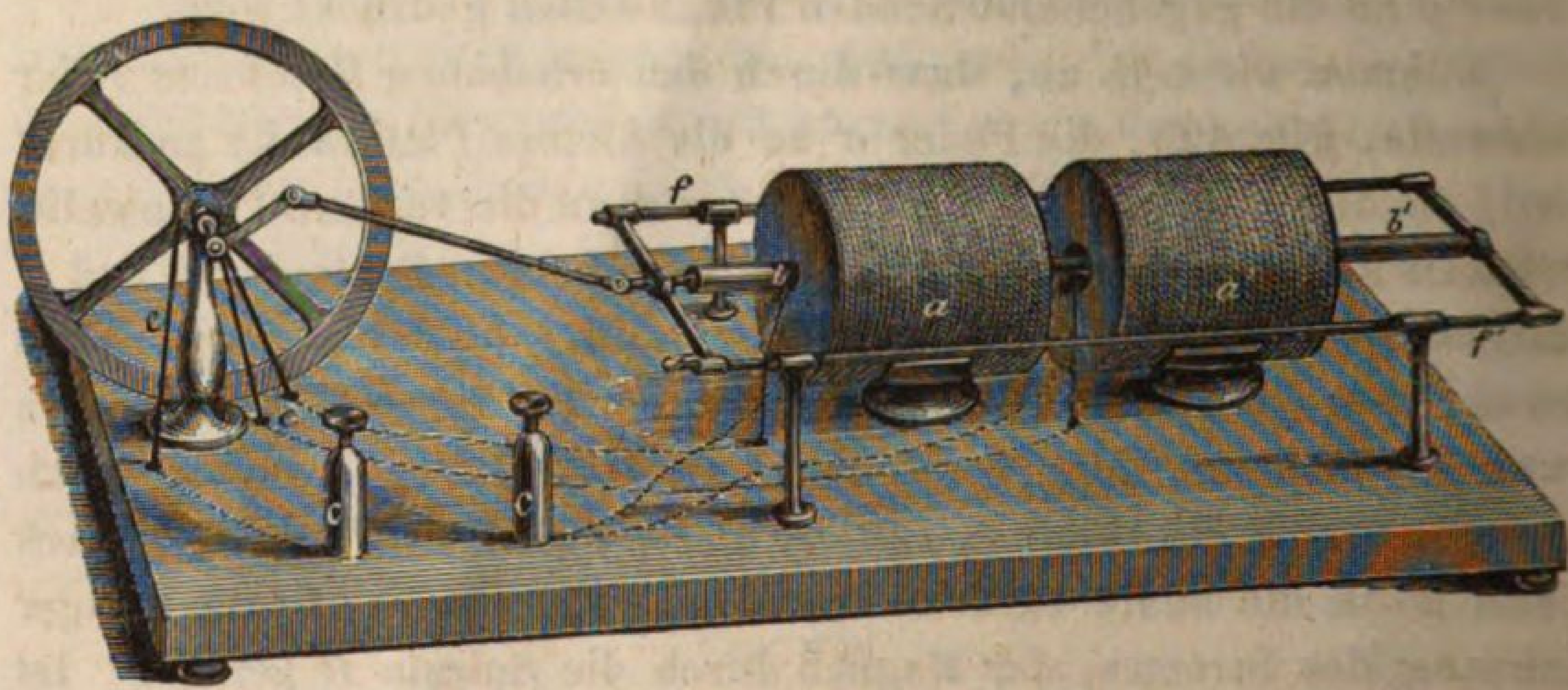
3. Maschine von Page. Die zweite Art, die Wirkung einer galvanischen Spirale zu benutzen, ist die, dass man einen in der Axe der Spirale befindlichen Eisenstab, der durch den Strom der Spirale zum Magneten wird, in diese hineinziehen lässt. Page wandte zuerst im Jahre 1846 diese Kraft an, um eine darauf gegründete Maschine in Bewegung zu setzen.[1])

Fig 426 stellt die erste von Page nach diesem Princip construirte Maschine dar. Zwei Schraubencylinder *a*, *a'* sind auf der Unterlage gut befestigt und mit ihren Axen genau in eine gerade Linie gestellt. Die beiden Stäbe *b*, *b'*, durch einen starken Messingdraht mit einander

[1]) Silliman's Journal; Dingler's Journal 102, p. 112.

verbunden, sind an dem beweglichen Rahmen f, f' befestigt, der so eingerichtet ist, dass er bei seiner Bewegung in horizontaler Richtung möglichst wenig Reibung erleidet. Die Drähte von den Enden der

Fig. 426.



Spirale gehen abwärts durch die Unterlage, und ihre gegenseitige Verbindung wird durch den Commutator auf der Welle des Schwungrades bewirkt. Die punktirten Linien zeigen den Lauf der Drähte, und ihre Verbindungen mit den Klemmschrauben *c*, *c* und den Federn *e*, *e*.

4. **Vorzüge der Maschine.** Als besondere Vorzüge dieser Maschine hebt der Erfinder hervor, dass an ihr die allen anderen Arten von elektromagnetischen Maschinen gemeinschaftliche Verzögerung der Bewegung nicht vorkommen könne; denn da die Stäbe nicht dick seien, so würden sie augenblicklich magnetisch, und wenn sie auch noch so viel Magnetismus nach der Unterbrechung des Stromes zurückhielten, so könne dieser die Bewegung nicht hindern, da eben nach der Stromunterbrechung keine Anziehung möglich sei. Die Vortheile, welche diese Maschine durch die nicht hemmende Coërcitivkraft des Eisens hat, hat sie, wie wir bereits gesehen, mit der Stöhrer'schen gemein; auch ist selbst ein dicker Eisenstab in diesem Falle nicht hinderlich, da ja derselbe seinen Magnetismus immer behält und nur das Entstehen desselben eine Zeit erfordert. Page fährt darauf fort: „Es wird also mit einer gegebenen Batteriefläche durch diese Maschine das Maximum von Geschwindigkeit und Kraft erhalten.“ Diese Behauptung ist jedoch unbegründet, da meines Wissens noch keine vergleichende Messungen angestellt sind, wie die Kraft anderer Maschinen, mit Elektromagneten, auf die dieselbe Drahtmenge verwandt ist, sich zu der Kraft dieser Maschine verhalte. Gewiss ist die Anziehung zweier Magnete grösser, als die einer Spirale auf einen Eisenstab bei der-

selben Windungszahl und gleichem Strom, allein diese grössere Kraft wird allerdings durch die hindernde Coëcitivkraft verringert. Jedoch nur für den Fall, dass durch die Verzögerung die Kraft mehr geschwächt würde, als die Anziehung der Magnete die Spiralenanziehung übertrifft, verdient die vorliegende Maschine den Vorzug. Page führt schliesslich noch einen Punkt als Vorzug seiner Maschine an, den ich ebenso wenig begründet finde. Er sagt nämlich: „Während der inducirte Strom bei allen anderen Maschinen gerade dann auftritt, wenn die Magnete dem Punkte ihrer grössten Wirkung sehr nahe sind, so entsteht derselbe bei dieser Maschine in der grösstmöglichsten Entfernung von diesem Punkte.“ Der Induktionsstrom entsteht aber bei den anderen elektromagnetischen Maschinen in den die Kerne umgebenden Spiralen beim Entstehen des Magnetismus und bei der Verstärkung desselben durch die Annäherung der Magnete. Allerdings ist diese Ursache der Induktionsströme hier nicht vorhanden, allein es werden auch starke Induktionsströme erzeugt, wenn ein Magnet conaxial in eine Spirale eingeführt wird, und diese sind bei der Page'schen Maschine die schwächenden. Der Erfinder sagt: „Wenn die Stäbe von Stahl sind, so sind sie unmittelbar nach dem Gebrauch der Maschine stark magnetisch; wird dann die Batterie entfernt und die Maschine mechanisch in Bewegung gesetzt, so wird sie eine magneto-elektrische Maschine, die an dem Commutator Funken und starke Schläge giebt.“ Diese Funken sind aber das Zeichen der Induktionsströme, welche den Gang der Maschine bei ihrer Anwendung als elektromagnetische hemmen, und, soviel ich weiss, immer dann am stärksten, wenn die grösste Kraft zur Anwendung kommt.

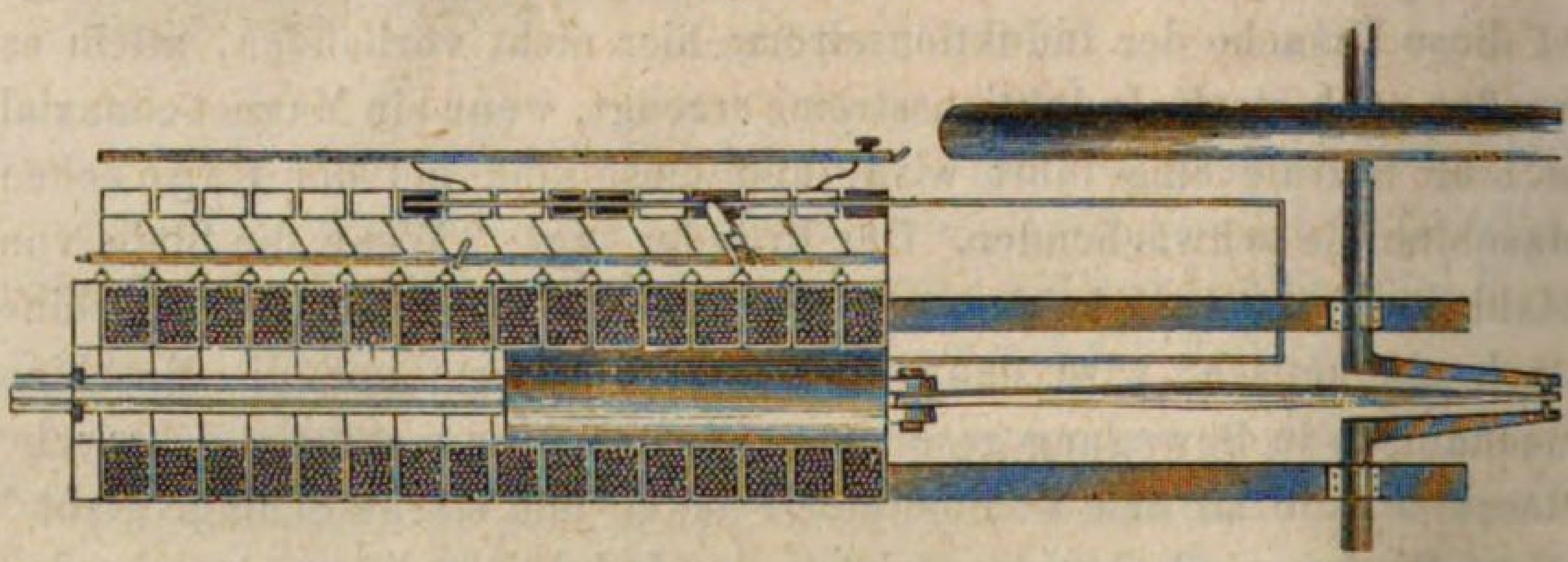
Nach meiner Meinung besteht der Vorzug der Page'schen Maschine in dem grossen Hube, den sie bei fast gleichbleibender Kraft hat, während die meisten anderen Maschinen bei ihrer Rotation von Punkten der grössten Kraft schnell zu solchen von geringer Wirkung übergehen. Dieser Hub lässt sich ohne Vermehrung des Verbrauchs noch dadurch vergrössern, dass man eine grössere Zahl von Spiralen in einer geraden Linie hinter einander reiht, und die Stäbe die ganze Länge durchlaufen lässt.

5. Andere Maschine von Page. Im Jahre 1850 construirte Page eine Maschine nach diesem Princip im Grossen,[1]) deren Abbildung im Querschnitte hier gegeben ist.

[1]) American Journ. vol. X, p. 344, 1850; Dingler's Journ. 124, p. 18; Mechanics Mag. No. 1483; Krönig. Journ. I, p. 233.

Die Fig. 427 zeigt ein System neben einander gereihter Spiralen, die aus viereckigem Kupferdrahte gewunden sind, und deren jede 1500 Yards Draht enthält. Alle diese Spiralen können unter einander metallisch verbunden werden. Diese Verbindung wird durch einen Schieber bewirkt, der sich mit dem durch die Spiralen hindurchgehenden Eisenkerne fortbewegt und immer je drei Spiralen mit einander verbindet, so dass diese gleichzeitig vom Strome durchflossen werden. Diese drei Spiralen befinden sich jedes Mal am Ende des sich bewegenden Kernes, und von ihnen wird immer die letzte ausgeschaltet, während die folgende, die sich gerade vor dem fortschreitenden Kerne befindet, mit in den leitenden Kreis eintritt. Die übrige Einrichtung der Maschine geht aus der Zeichnung selbst hervor.

Fig. 427.



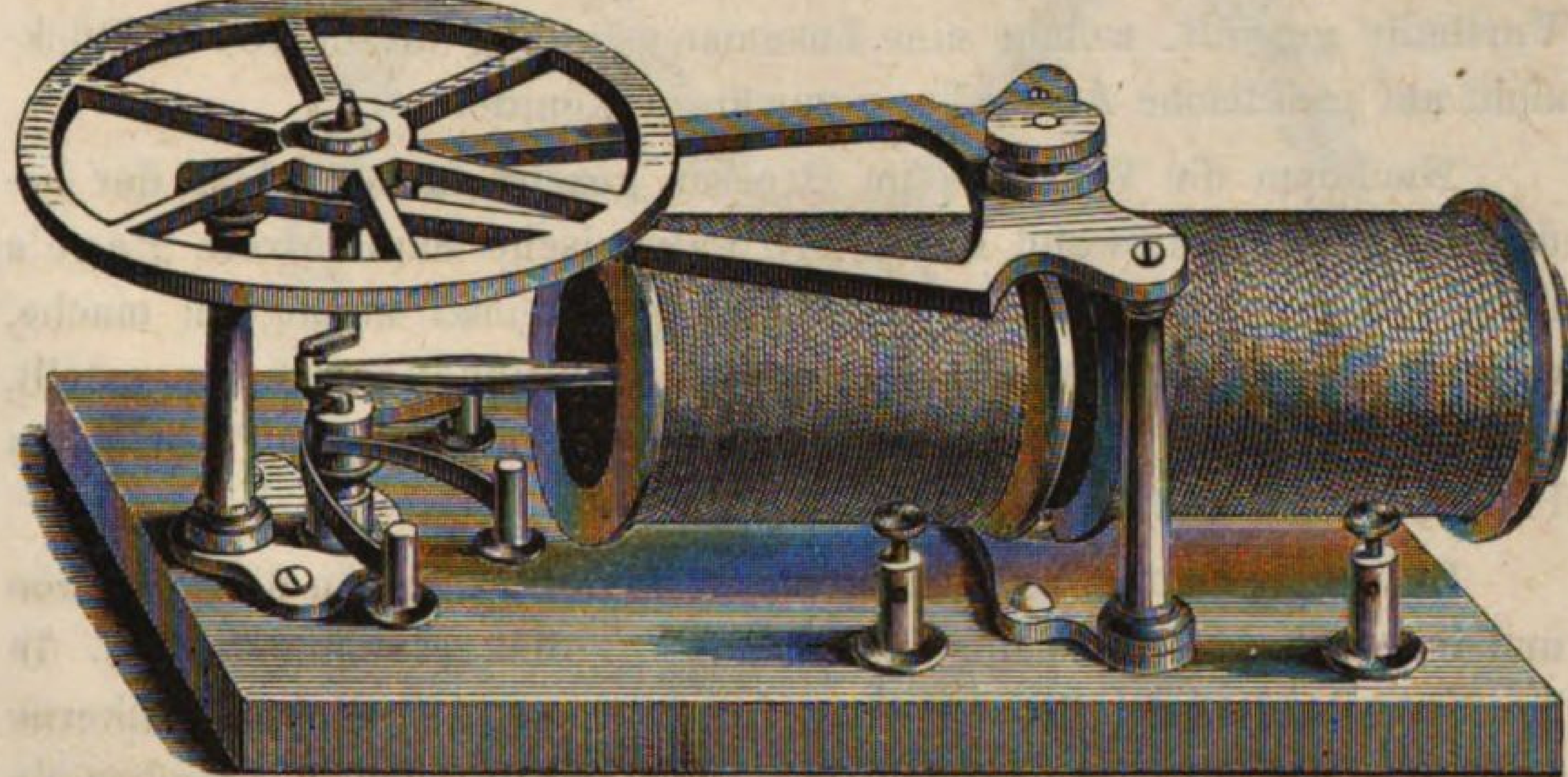
Mit dieser Maschine erhielt Page zehn Pferdekraft, indem der Hub 2′ der Umfang des Schwungrades 13,29′, die Anzahl der Umdrehungen 102 in der Minute, und der Druck gegen die Peripherie des Rades 1900 Pfd. betrug.

Leider hat Page in keinem Berichte die Grösse der angewandten galvanischen Säule, welche aus Grove'schen Elementen bestand, angegeben, und es lässt sich daher nicht über den Kostenaufwand urtheilen, den diese zehn Pferdekräfte verursachten; denn die Bemerkung, dass die Maschine billiger sei, als die kostspieligsten Dampfmaschinen, lässt kein Urtheil über die Grösse des Verbrauchs zu. Aus der naiv zu nennenden Notiz, dass eine Vergrösserung der Batterie um einige Quadratfuss Platinoberfläche schon eine merkliche Vermehrung der Kraft hervorgebracht habe, lässt sich auf eine ungeheure Grösse der Säule schliessen.

6. Maschine von Du Moncel. Du Moncel construirte eine Maschine nach diesem Page'schen Princip, bei welcher der Eisenkern

und die anziehende Spirale oscilliren. Ein mit dem Kerne fest verbundener Eisenstab, welcher eine Verlängerung der Kernaxe ist, greift, wie die Fig. 428 zeigt, in die zum Krummzapfen gebogene Axe des Schwungrades und bringt so die rotirende Bewegung hervor.

Fig. 428.



Eine Abänderung seiner Maschine unternahm Page schon früher in der Weise, dass hufeisenförmige Stäbe statt der geraden mit beiden Enden in Spiralen hineingezogen wurden, wobei denn aber allerdings eine doppelte Anzahl von Spiralwindungen, also ein grösserer Kostenaufwand nöthig ward.

§ 6.

Der Glockenmagnet.

1. Maschine von d'Heureuse und Dub. Die eben erwähnte Vermehrung des Verbrauchs bei Anwendung von Magnetkernen in Hufeisenform wird vermieden durch die Form, welche in der folgenden Maschine dem Hufeisen gegeben ist, das von der wirksamen Spirale angezogen wird.[1]) Diese Form (der Romershausen'sche Magnet) gewährt bedeutende Vortheile von der Construktion der eben besprochenen Formen. Die Kraft, welche Page durch ein Hufeisen und Anwendung zweier Spiralen erreicht, wird mittelst eines Magneten von dieser Construktion und nur einer Spirale noch übertroffen.

[1]) Dub, Elektromagnetismus p. 319.

Zu Vorversuchen für die schon besprochenen Untersuchungen, welche d'Heureuse und ich mittelst Spiralen angestellt haben, die über den mit einem Eisenbecher umgebenen Eisenkern gezogen wurden, hatten wir zwei Spiralen von $1^1/_2''$ innere Weite und 160 Windungen $1{,}5^{mm}$ dicken Kupferdrahtes zu beiden Seiten eines kleinen Schwungrades mittelst Krummzapfen und Bleielstangen befestigt, und so die Vortheile geprüft, welche eine Zusammenstellung dieser Art in Rücksicht auf praktische Anwendung gewähren könnte.

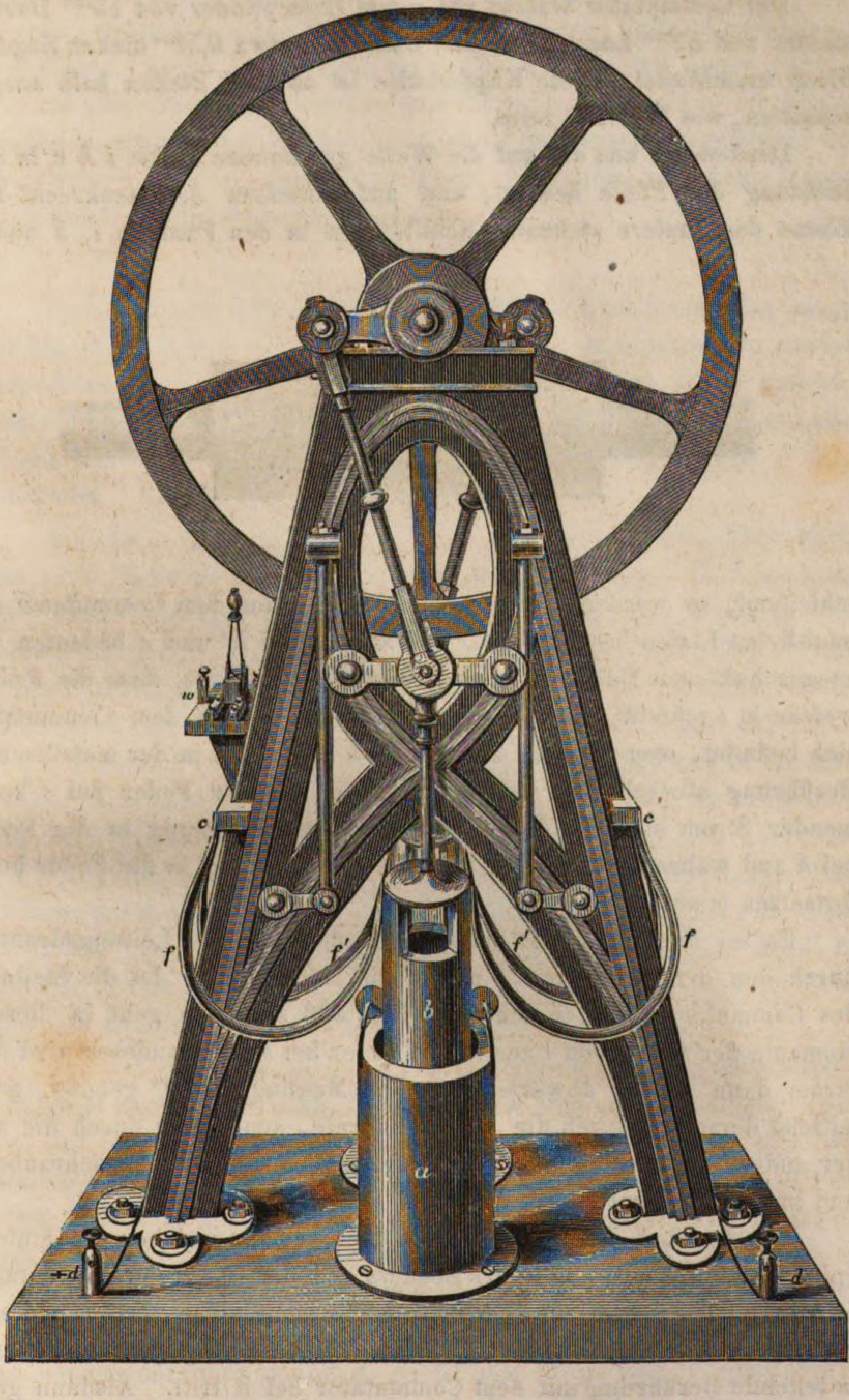
Nachdem die Versuche im Grossen gezeigt hatten, dass der bedeutende Kostenaufwand durch die galvanische Säule, trotz Page's Anpreisung, eine praktische Anwendung bis jetzt unmöglich mache, habe ich mit den genannten kleinen Spiralen ein Modell zusammengestellt, welches als eine Vervollkommnung der Anwendung des Page'schen Princips betrachtet werden darf.

Zu beiden Seiten des Eisengestells, Fig. 429, stehen die 6" hohen und innen 5" weiten Eisenbecher *a*, aus $^1/_4''$ dickem Schmiedeeisen. In der Mitte des Bodens dieser Becher sind 6" lange, $1^1/_2$ dicke Eisenkerne aufgeschraubt, so dass zwischen ihnen und den Wänden der Becher ein $^7/_4''$ breiter Raum bleibt, den die Spiralen ausfüllen. Diese Spiralen sind Behufs der Bewegung und Führung an zwei Holzhülsen *b* von 5" Höhe befestigt, die sich oben in ebenso langen Messingstangen fortsetzen, mit denen die Bleielstangen verbunden sind.

Da die die Becher magnetisirenden Spiralen sich auf- und abbewegen, so muss der Strom von festen Punkten nach der beweglichen Spirale geleitet werden. An dem vorliegenden Modell ist dies dadurch bewirkt, dass die von der Spirale ausgehenden Leitungsdrähte in Fugen an den Holzhülsen *b* emporgeführt und von dort aus nach beiden Seiten hin mittelst Messingfedern *f* nach den Punkten *c* des Gestelles, hinten und vorn, geleitet werden, und dort an Holzklötzchen befestigt sind. Diese Messingfedern sind 13" lang, $^3/_8''$ breit und etwa $0{,}5^{mm}$ dick, und biegen sich mit den auf- und abgehenden Spiralen auf und zusammen. Von ihnen aus geht dann die Leitung an den Pfosten des Gestelles mittelst besponnener Kupferdrähte von und zu dem Commutator, der auf der Axe des Schwungrades befestigt ist, in folgender Weise.

2. Die Commutation. Zwei Klemmschrauben auf dem Fussgestell nehmen die Leitungsdrähte der galvanischen Säule auf. Der bei *d* links eintretende Strom geht durch den Leitungsdraht, wie die

Fig. 429.

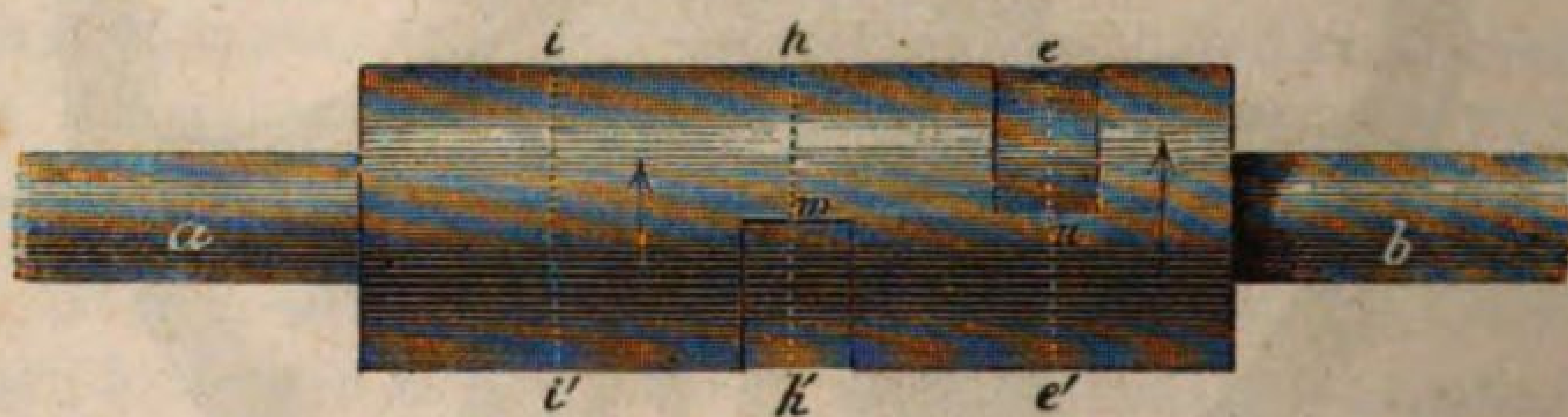


Figur zeigt, an dem Pfosten des Gestells in die Höhe bis zu einer Klemmschraube, von welcher aus eine Feder nach dem Commutator führt.

Der Commutator besteht aus einem Holzcylinder von 15^{mm} Durchmesser und 32^{mm} Länge, den eine Hülse von etwa $0{,}5^{mm}$ dicken Kupferblech umschliesst. Diese Kupferhülse ist an zwei Stellen halb ausgeschnitten, wie Fig. 430 zeigt.

Denken wir uns die auf die Welle geschobene Hülse *i h e* in der Richtung der Pfeile bewegt, und auf derselben drei senkrecht zur Ebene des Papiers stehende Metallfedern in den Punkten *i*, *h* und *e*

Fig. 430.



schleifend, so werden die Berührungsstellen auf dem Commutator die punktirten Linien beschreiben. Die Stellen bei *h'* und *e* bedeuten die ausgeschnittenen Hälften der Kupferhülse. Man sieht, dass die Feder, welche in *i* schleift, stets in leitender Berührung mit dem Commutator sich befindet, wogegen die Federn bei *h* und *e* sich in der metallischen Berührung abwechseln, so dass also ein aus der Feder bei *i* kommender Strom sich bei der halben Commutatordrehung in die Feder bei *h* und während der anderen Hälfte der Drehung in die Feder bei *e* fortsetzen muss.

Es sei nun die Feder bei *i* die Fortsetzung des Leitungsdrahtes, durch den der Strom von *d* aus in die Höhe steigt. Ist die Stellung des Commutators die, welche die Fig. 430 zeigt, so geht in diesem Momente der Strom von *i* aus in die Feder bei *h*. Von dieser wird der Strom dann wieder abwärts nach der Messingfeder *f'* geleitet, geht mittelst derselben durch die hintere Spirale, aus dieser durch die auf der andern Seite ableitende Feder und so nach der Klemmschraube *d* und in die Säule zurück.

Hat das Rad der Maschine die Stellung, in welcher die hintere Spirale sich auf dem Boden des Bechers befindet, so ist der Commutator so weit gedreht, dass die Feder bei *h* die metallische Berührung in *m* verlässt und anfängt auf dem Holz zu schleifen, wogegen die Feder *e* in leitende Berührung mit dem Commutator bei *n* tritt. Alsdann geht

der Strom aus der Feder *e* in einem zweiten mit dem ersten parallel laufenden Drahte nach der Feder *f* und der Spirale in dem vorderen Becher *a*, während die hintere Spirale zu wirken aufhört. Aus dieser Spirale geht alsdann der Strom durch die andere Feder *f* rechts nach dem festen Punkte *c* und dann wieder an dem Gestell herab nach *d*. So wird abwechselnd die vordere und die hintere Spirale in die Becher hineingezogen und der Magnetismus nie in dem Eisen umgekehrt, was den Vortheil gewährt, dass der im Eisen vorhandene remanente Magnetismus nicht hemmend wirken kann.

3. **Gyrotrop von Wettin.** Behufs der Umkehrung des Ganges der Maschine führen die Leitungsdrähte von dem Commutator zurück, nicht direkt nach den Punkten bei *c* hinten und vorn in die Federn *f* und *f'*, sondern es ist zwischen diesen ein Gyrotrop *w* eingeschaltet. Dieser hier angewandte sehr bequeme Stromwender ist von Wettin construirt. Er hat folgende Einrichtung.

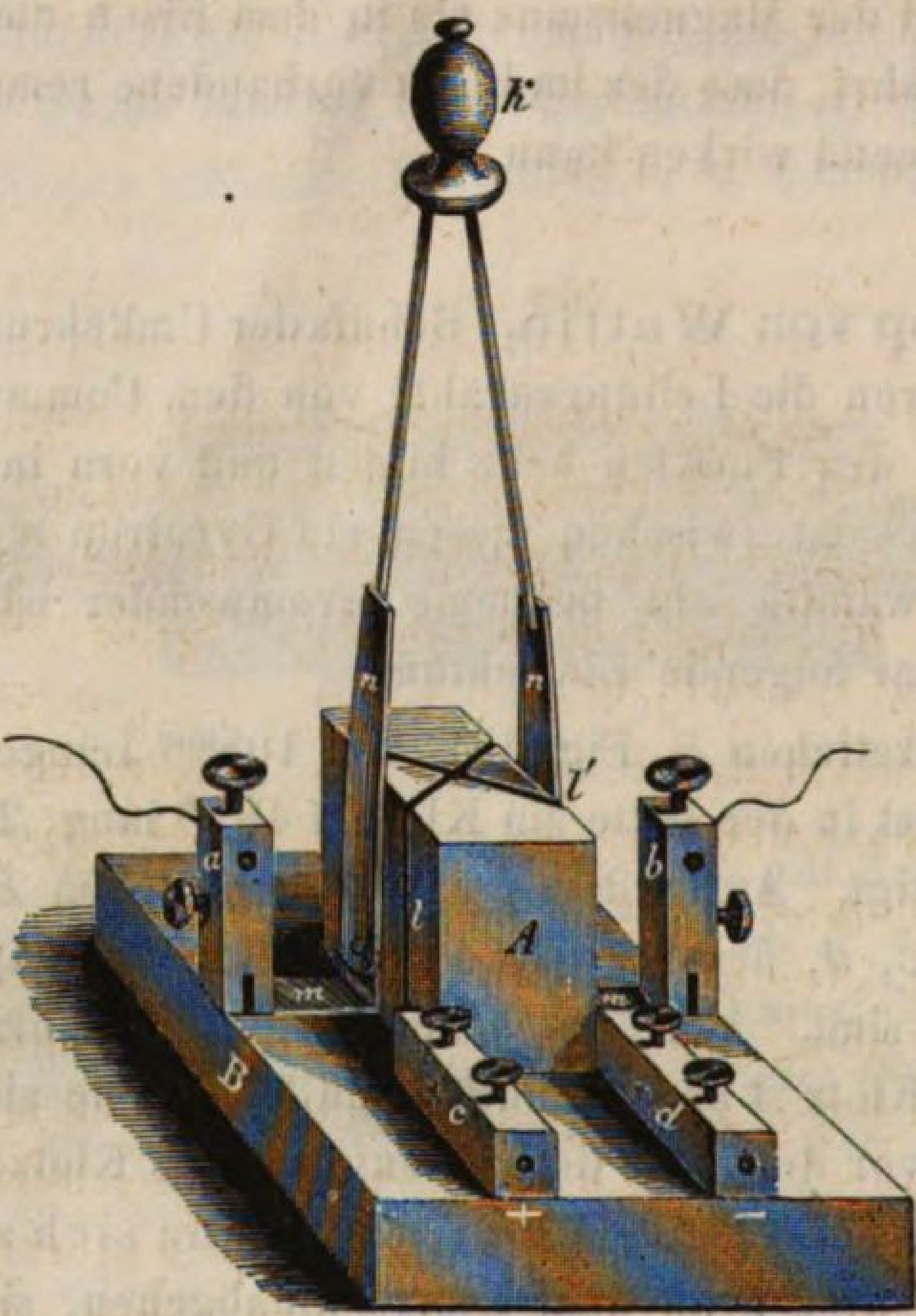
Auf einem Brettchen *B*, Fig. 431, von 108^{mm} Länge, 72^{mm} Breite und 14^{mm} Dicke ist in der Mitte ein Klotz *A* 48^{mm} lang, 27^{mm} hoch und 18^{mm} breit befestigt. Ausserdem trägt das Brettchen *B* vier Klemmschrauben *a*, *b*, *c*, *d*, deren zwei, *a* und *b* stehend, dagegen *c* und *d* liegend befestigt sind. Von den beiden liegenden Schrauben *c* und *d* gehen nach dem Klotz *A* zwei Drähte *l* und *l'*, welche sich auf beiden Seiten desselben vor der Mitte der Seitenwand des Klotzes in die Höhe richten, sich dann über dem Klotze kreuzen, ohne sich zu berühren, und dann hinten wieder an dem Klotze hinabgehen, sich aber nicht weiter fortsetzen. Damit die Drähte in der ihnen gegebenen Lage bleiben, hat der Klotz oben zwei sich kreuzende Einschnitte, in welche die Drähte hineingezwängt sind. Diese Einschnitte reichen, damit Berührung verhindert werde, verschieden tief, so dass der eine Draht über den andern frei hinweggeht.

Von der Basis der beiden Klemmschrauben *a* und *b* gehen Kupferstreifen *m* nach dem Klotze *A* und erheben sich an demselben. Dicht über der Biegung dieser Streifen sind auf ihnen zwei andere elastische Streifen *n* aufgeschraubt, so dass zwischen den beweglichen *n* und den festen *m* metallische Berührung stattfindet. Die metallischen Streifen *n* sind nach oben in zwei Drähte verlängert, welche mittelst eines nichtleitenden Knopfes *k* gehalten werden.

Befestigt man die Leitungsdrähte von der galvanischen Säule in den Klemmschrauben *c* und *d*, so ist der Strom in der gezeichneten

Stellung des Gyrotropen unterbrochen, denn er hat in den Drähten *l* und *l'*, welche hinten auf beiden Seiten enden, keine leitende Verbindung. Denken wir nun aber die beiden federnden Kupferstreifen *n*, *n* mittelst des Knopfes aus der Ebene des Papiers heraus auf uns zu

Fig. 431.



bewegt, so schleifen dieselben auf beiden Seiten gegen die von *c* und *d* ausgehenden Drähte *l* und *l'*. Der in *c* eintretende positive Strom geht alsdann durch den Draht *l* bis zu dem Streifen *n*, aus diesem in den mit ihm mittelst einer Schraube in leitender Verbindung stehenden Kupferstreifen *m* in die Klemmschraube *a*, von da durch die zwischen *a* und *b* eingeschaltete Verbindung, in welcher der Strom gewendet werden soll, nach der Klemmschraube *b* hinüber, hier wieder durch *m* nach dem anderen Streifen *n*, und aus diesem durch *l'* nach der Klemmschraube *d*, welche den Leitungsdraht des anderen Poles der Säule trägt. Der Strom geht also bei dieser Stellung der beweglichen Federn den Weg *c*, *l*, *n*, *a*, *b*, *l'*, *d*, ganz als ob die Klemmschrauben *c* und *d* unmittelbar mit einander verbunden wären. Bewegt man dagegen den Knopf *k* aus der Ebene des Papiers heraus nach hinten, so schleifen

die beiden Kupferstreifen *n* auf den hinten abwärts gebogenen Theil der Drähte *l* und *l'*, so dass also der eine Streifen *n* den von *d* ausgehenden Draht *l'*, und der andere Streifen *n* den von *c* ausgehenden Draht *l* hinten berührt. In diesem Falle geht dann der Strom von *c* aus durch den Draht *l* über den Klotz *A* hinweg nach der anderen Seite desselben, dort in den ihn berührenden Streifen *n* und von diesem nach der Klemmschraube *b* und durch die eingeschaltete Leitung nach der Klemmschraube *a*, von dort durch *m* in den anderen Streifen *n*, welcher links den Draht *l'* berührt. Dieser führt dann den Strom unter dem Draht *l*, ohne diesen zu berühren, über den Klotz *A* hinweg nach der Klemmschraube *d*. Während also in der früheren Stellung der Strom durch die Verbindung der beiden Klemmschrauben *a* und *b* in der Richtung von *a* nach *b* ging, muss er jetzt diesen Verbindungsdraht in der umgekehrten Richtung von *b* nach *a* durchlaufen. Es wird jeder zwischen *a* und *b* eingeschaltete Leiter in der einen Stellung in entgegengesetzter Richtung von dem Strome durchlaufen, als in der anderen.

Ich habe diesen Gyrotropen bei allen meinen Versuchen angewandt und ihn äusserst vortheilhaft und bequem gefunden. In der beschriebenen Maschine ist derselbe bei *w* angebracht. Nach seinen beiden Klemmschrauben *a* und *b* führen die beiden Drähte, welche von *y* und *z* herab mit *x* parallel laufen. Von den beiden Klemmschrauben des Gyrotropen *c* und *d* dagegen gehen die Drähte nach den beiden Federn *f* und *f'* bei *a* hinten und vorn, und führen somit in die beiden Spiralen der Becher *B* und *B'*. Bewegt sich nun bei der Stellung des Gyrotropenknopfes nach vorn das Rad in der Richtung des Uhrzeigers, und geht in diesem Falle der Strom aus der Feder *y* des Commutators nach der Feder *f* der Spirale bei *B*, so muss durch das Zurücklegen des Knopfes der Strom aus derselben Feder *y* in die Feder *f'* der Spirale bei *B'* fliessen. Dadurch wird die Spirale, welche soeben unthätig gewesen, vom Strome durchflossen, und das Rad wird nach der entgegengesetzten Seite gezogen. Es kehrt sich also der Gang der Maschine um.

4. Verhältniss der Kraft zum Verbrauch. Kraftmessungen habe ich mit dem vorliegenden Modell nicht angestellt. Bei einer galvanischen Säule von 4 Grove'schen Elementen, deren Platinbleche $3^1/_2$" lang und $2^1/_2$" breit waren, bewegte sich die Maschine, wenn sie keine Arbeit vollführte, mit einer Geschwindigkeit, von 160 Umdrehungen in der Minute. Eine viel grössere Säule durfte nicht ange-

wandt werden, weil alsdann in dem Draht der Spiralen Erwärmung bemerkbar wurde.

Aus diesen Angaben, wie aus den Messversuchen, welche von mir früher [1]) mit einem grossen, 3' hohen Magneten angestellt sind, lassen sich Schlüsse auf die Wirksamkeit und praktische Brauchbarkeit einer nach diesem Modell im Grossen ausgeführten Maschine machen. Obgleich eine solche Maschine mehr als das Doppelte der Kraft haben würde, als die von Page, wenn sie in denselben Dimensionen, wie sie dieser Experimentator anwendet, ausgeführt würde; so würde man sich doch sehr getäuchst finden, wenn man daraus auf eine Brauchbarkeit für die Praxis schliessen wollte. Der Irrthum, in dem man sich hierbei befände, leuchtet deutlich aus einer Rechnung ein, die man nach den früher von mir mitgetheilten Resultaten anstellen kann. [2])

Die an dem Modell beobachtete Geschwindigkeit lässt bei einer Construktion desselben im Grossen auf 140 Umdrehungen in der Minute schliessen. Mit dieser Angabe sind alle Data zur Beurtheilung der Kraftäusserung einer solchen Maschine gegeben. Die Verhältnisse an den grossen Kernen mit der Glocke sind so gewählt, dass der Hub der daraus construirten Maschine 2' sein würde, und da vorausgesetzt wird, dass, wie bei dem Modell, an jedem der beiden Krummzapfen des Schwungrades eine gleiche Spirale wirkte, so würde bei jeder ganzen Umdrehung des Schwungrades die Last durch die wirksame Kraft 4' hoch gehoben werden. Wenn nun die Messungen ergeben hatten, dass die Anziehung im Maximo 125 und im Minimo 75 Pfd. beträgt, so ergiebt sich als Mittel der Kraft 100 Pfd., welche in einer Minute 140mal 4' hoch gehoben werden. Hieraus ergiebt sich als Kraft der Maschine

$$\frac{100 \cdot 140 \cdot 4}{33000} = 1{,}7 \text{ Pferdekraft.}$$

Nehmen wir mit Page an, dass durch die Reibung an den einzelnen Theilen der Maschine im Ganzen 15% der Totalwirkung verloren gehen, was allerdings sehr günstig gerechnet ist, und nach meiner Erfahrung bei den grossen Massen, die bewegt werden müssen, viel eher 50% heissen müsste, so erhalten wir als Kraft der obigen Construktion

$$\frac{85 \cdot 1{,}7}{100} = 1{,}445 \text{ Pferdekraft}$$

d. h. etwa $1^1/_2$ Pferdekraft.

[1]) Dub, Elektromagnetismus p. 328. [2]) Ib. p. 325 u. f.

Zu diesen anderthalb Pferdekräften wurden 24 Pfd. Salpetersäure durchschnittlich in 4 Stunden verbraucht; denn wenngleich nach dieser Zeit die Säure noch nicht ganz kraftlos war, so hatte sich doch die Wirkung mit Ausnahme der ersten halben Stunde schon beständig verringert. Es ist mithin sehr günstig gerechnet, wenn der Verbrauch in 4 Stunden, bei constanter Kraft, auf 24 Pfd. Salpetersäure gesetzt wird. Nehmen wir den Preis der Salpetersäure à Pfd. zu 3 Sgr. und rechnen dazu, ebenfalls nach einem sehr mässigen Satze, ein Viertel dieses Preises als Verbrauch an Schwefelsäure und Zink, so ergiebt sich als Verbrauch einer solchen Maschine innerhalb 4 Stunden der Preis von 3 Thalern, d. h. in 24 Stunden für eine Pferdekraft 12 Thaler.

Uebertragen wir diese Angaben, die ein Jeder als sehr günstig gestellt anerkennen wird, auf die von Page in Bewegung gesetzte Maschine, welche sicherlich nur die halbe Kraft bei demselben Verbrauch haben konnte, so ergiebt sich, dass an dieser Maschine die Pferdekraft den ungeheuren Preis von 24 Thalern täglich gekostet haben muss. Man wird hiernach zu der Frage nach denjenigen Dampfmaschinen veranlasst, mit denen, wie Page behauptet, eine Maschine von diesem Kostenaufwande zu concurriren im Stande wäre.

§ 7.

Theorie der elektromagnetischen Motoren.

Die sich in Bezug auf die elektromagnetischen Maschinen herausstellenden allgemeinen Gesichtspunkte für die Kraftäusserung derselben sind von Jacobi zusammengestellt.[1]) Seine Untersuchungen führen ihn zu folgenden Resultaten.

1. Die Kraft der Magnete. Nach den bekannten Gesetzen des Elektromagnetismus ist die Summe der gegenseitigen Anziehungskräfte der angewandten Magnete, also die Kraft der Maschine, gleich dem Produkt aus den Quadraten der Anzahl der Drahtwindungen, der Zahl der galvanischen Elemente und der elektromotorischen Kraft, dividirt durch das Quadrat des Leitungswiderstandes.

2. Induktionsströme. Diese Kraft der Maschine wird nun aber durch die bei der Bewegung erregten Induktionsströme geschwächt, und diese sind proportional:

[1]) Bulletin de l'Academie de St. Petersbourg IX, p. 289; Krönig Journ. III, p. 377; Dub Elektromagnetismus p. 482.

a) der magnetischen Kraft der Maschine,
b) der Anzahl der Spiralwindungen,
c) der Geschwindigkeit der Veränderung in der Lage der Magnete zu den Spiralen.

3. Struktur und Form der Magnete. Die Kraft der Maschine hängt ferner ab von der Struktur des Eisens der Magnetkerne und von der Form der Magnete. Unter Berücksichtigung dieser Umstände ergiebt sich die Kraft des bei der Bewegung entstehenden Gegenstromes proportional dem Produkt aus dem mittleren Magnetismus der Magnetsysteme, der Windungszahl der Spiralen, der Geschwindigkeit der Maschine und einem Faktor, durch welchen die Struktur des Eisens und die Form der Magnetkerne ausgedrückt wird, dividirt durch den Leitungswiderstand des ganzen Systems.

Aus diesen Sätzen lässt sich die Kraft einer Maschine bestimmen.

4. Bewegende Arbeit und die Widerstandsarbeit. Da nun nach den allgemeinen Principien der mechanischen Arbeit während jeder Periode der Bewegung, wo die Maschine wieder ihre anfängliche Geschwindigkeit annimmt, die Summe der bewegenden Arbeit gleich der Summe der Widerstandsarbeit ist, so ist, um jene Principien auf die elektromagnetischen Maschinen anzuwenden, durchaus nicht die Kenntniss der periodischen Veränderung der bewegenden Kraft nothwendig.

Ebenso wenig, wie die elektromagnetischen Maschinen in dieser Beziehung eine Ausnahme im Vergleich mit anderen Maschinen machen, ist dies auch in Bezug darauf der Fall, dass sie eines Maximums des Nutzeffekts fähig sind. Wenn die elektromagnetische Maschine eine gleichförmige Bewegung, und zugleich die Galvanometernadel eine constante Stellung angenommen hat, so folgt daraus, dass dann die bewegende und die Widerstandsarbeit gleich sind. Man kann also die eine für die andere setzen, und da es erlaubt ist, die Momente des Widerstandes an irgend einen Punkt des beweglichen Systems, mithin auch auf den Punkt der magnetischen Anziehung zu übertragen, so kann man für den Widerstand die während der Bewegung stattfindende mittlere Anziehung setzen.

5. Maximum der Arbeit. Nach diesen Betrachtungen lässt sich die Arbeit der Maschine durch eine Formel ausdrücken, welche die vorher als messbar angegebenen Werthe enthält, und aus der klar

wird, dass die Arbeit einer jeden Maschine ein Maximum hat, welches man erreicht, wenn man die Summe der Widerstandskräfte der Maschine gleich dem vierten Theile der mittleren Anziehung der Magnete im Ruhestande macht.

Aus der Formel für die Arbeit der Maschine ergiebt sich ferner, dass eine unendlich grosse Geschwindigkeit der Maschine nothwendig ist, damit die Intensität des magnetoelektrischen Gegenstromes der Intensität des Stromes der Säule gleich wird.

6. Abhängigkeit der Elemente der Arbeit vom Maximum. Das Maximum der Arbeit, welche eine elektromagnetische Maschine geben kann, drückt sich in eine sehr einfache Formel aus, welche zeigt, dass dieses Maximum nicht von der besonderen Construktion der Maschine abhängig ist. So haben z. B. die Spiralen durch nichts anderes Einfluss auf das Maximum der Arbeit, als durch den Widerstand, den sie dem Strome darbieten. Wenn einerseits die Zahl der Elemente der Säule, und andererseits der Gesammtwiderstand der Schliessung gleich bleiben, so kann die Zahl der Umwindungen so gross und so klein gemacht werden, wie man will, ohne dass das Maximum der Arbeit die geringste Aenderung erleidet. Indessen hat man es in der Gewalt, die Elemente der Arbeit, d. h. die Kraft und die Geschwindigkeit nach Belieben zu verändern. Durch Vergrösserung der Windungszahl wird nämlich die Kraft der Maschinen im quadratischen Verhältnisse dieser Windungszahl vergrössert, aber gleichzeitig nimmt die Geschwindigkeit in demselben Verhältnisse ab und umgekehrt.

Dies ist nicht nur ein theoretisches Resultat, sondern Lenz und Jacobi haben dasselbe auch experimentell bestätigt.

7. Die Uebertragungsmittel. Da der Gesammtwiderstand aus dem Widerstande der Säule und dem der Spiralen zusammengesetzt ist, so lassen sich die Elemente der Arbeit auch durch Veränderung dieser beiden Widerstände verändern, wenn nur ihre Summe gleich bleibt. Wollte man z. B. den Widerstand der Drahtrollen vergrössern, so müsste zugleich die Oberfläche der Elemente grösser gemacht werden, wenn das Maximum der Arbeit ungeändert bleiben sollte. Man kann also bei elektromagnetischen Maschinen die Zahnräder, Wellen und andere Uebertragungsmittel entbehren, um die ursprüngliche Bewegung mit der richtigen Geschwindigkeit erfolgen zu lassen.

8. Die Construktion der Säule. Da die Unterhaltungskosten einer elektromagnetischen Maschine, abgesehen von den Nebenkosten,

dem Produkte der Stromstärke und der Zahl der Elemente proportional sind, so geht die Grösse dieser Kosten unmittelbar aus der Beobachtung der Theilung des Galvanometers hervor. Da nun die Stromstärke mit durch die elektromotorische Kraft der angewandten Volta'schen Combination bedingt wird, so ist es zweckmässig zur Construktion der Säule diejenigen Metalle zu wählen, welche die grösste elektromotorische Kraft besitzen; denn es giebt z. B. ein Pfund Zink, in einer Grove'schen Batterie aufgelöst, $1^3/_4$ Mal so viel Arbeit, als ein Pfund Zink, aufgelöst in einer Daniell'schen Batterie.

9. Der ökonomische Effekt. Der Quotient aus der Grösse der Arbeit durch den Verbrauch ist der sogenannte ökonomische Effekt. Derselbe ergiebt sich als von der Anordnung der Batterie und der Spiralen durchaus unabhängig. Derselbe stellt sich nämlich durch einen Bruch dar, welcher im Zähler die elektromotorische Kraft und im Nenner den Coefficienten hat, welcher von der Coërcitivkraft des Eisens und der Construktion der Maschine im Allgemeinen abhängt. Für dieselbe Art von elektromagnetischen Maschinen und für dieselbe Volta'sche Combination ist also das Maximum des ökonomischen Effekts ein unveränderlicher Werth, welcher weder von der Dicke der Drähte, noch von den umgebenden Spiralen, noch von der Oberfläche oder der Zahl der die Säule bildenden Elemente bedingt wird.

10. Die Gränze der mechanischen Arbeit. Aus der Betrachtung, dass man das Maximum der Magnetisirung erhält, wenn der Widerstand in der Säule gleich dem der Spiralen ist, ergiebt sich der Satz:

Die Gränze der mechanischen Arbeit, die eine Säule von gegebener Oberfläche hervorbringen kann, ist nur doppelt so gross wie die Arbeit, die man erhält, wenn man den Elektromagneten das Maximum ihrer Magnetisirung giebt. Diese Construktion ist zugleich zu wählen, wenn es sich darum handelt einer Maschine die grösste Kraft zu geben, ohne sie von dem Arbeitsmaximum zu entfernen.

11. Strom der ruhenden und der in Bewegung befindlichen Maschine. Die von Jacobi angestellte Rechnung zeigt ausserdem, dass die Intensität des Stromes der ruhenden Maschine das Doppelte von der dem Maximum der Arbeit der Maschine entsprechenden Intensität beträgt. Man kann sich also durch Beobachtung der Ablenkung der Nadel während des Ganges der Maschine leicht davon überzeugen, ob diese das Maximum ihrer Arbeit leistet.

Es lehrt dieses Resultat, durch welches Mittel man zn einer genauen und richtigen Messung bei dem Vergleich der Effekte verschiedener Maschinen gelangen kann.

Aus den hier gegeben Sätzen in Bezug auf die elektromagnetischen Maschinen gelangt Jacobi zu dem Resultat, dass nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse der Magnetismus und die Elektricität wenig Aussicht haben als bewegende Kräfte in der Industrie angewandt zu werden. Die noch vorhandene Aussicht auf Erfolg gründet sich auf die Erfindung entweder einer neuen galvanischen Säule, deren elektromotorische Kraft die der Grove'schen Säule weit übertrifft, oder einer Combination von Magnetformen, welche eine viel bedeutendere Kraft zu äussern im Stande sind, als die bisher bekannten. In keinem Falle aber wird es gelingen, wie man gemeint hat, durch alleinige Vergrösserung der Dimensionen der Maschinen desselben Systems einen grösseren Nutzeffekt zu erzielen.

Druck von C. Grumbach in Leipzig.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

In demselben Verlage ist früher erschienen:

DER
ELEKTROMAGNETISMUS.

VON

DR. JULIUS DUB.

MIT 120 IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN.

In einem Bande von 33 Bogen auf planirtem Velinpapier.

Preis 3 Thlr. 10 Sgr.

Während die vorliegende neue Auflage die theoretische Entwicklung und Begründung, so wie die technische Ausführung derjenigen Einrichtungen bespricht, welche sich auf elektromagnetische Wirkungen gründen, behandelt das obige Werk desselben Verfassers, welches er einfach „Der Elektromagnetismus“ genannt hat, die Lehren des Elektromagnetismus, wie sie sich in den einzelnen Originalabhandlungen vorfinden, in systematischem Zusammenhange und giebt somit einen vollständigen Ueberblick über den jetzigen Standpunkt der Wissenschaft in diesem Fache. Der Verfasser hat zu diesem Zwecke die bis jetzt als richtig erkannten Gesetze zusammengestellt und wissenschaftlich begründet, so wie andererseits auch die Mängel einiger Forschungen nachgewiesen und die dadurch erregten Zweifel gehoben, so dass dieses Werk allgemein als die wissenschaftliche Begründung des Werkes über „Die Anwendung des Elektromagnetismus“ in Bezug auf dieses Fach angesehen werden muss.

Die zahlreichen in den Text eingedruckten Holzschnitte, deren mehrere bisher noch nicht veröffentlichte Zeichnungen von Apparaten geben, sind mit grosser Sorgfalt ausgeführt und fördern in hohem Maasse das Verständniss des Gegenstandes.

Verlag von Julius Springer in Berlin, Monbijouplatz 3.

Rechen-Aufgaben
aus der
ELEKTRICITÄTS-LEHRE
besonders für Telegraphen-Beamte
von
C. A. Nystrom,
Telegraphen-Stations-Director zu Oerebro in Schweden.
Mit einer Figurentafel.
Preis $12^1/_2$ Sgr.

Ueber den
Einfluss der Dimensionen des Eisenkernes
auf
die Intensität der Elektromagnete.
Eine Experimental-Untersuchung
von
Dr. **Julius Dub.**
Aus Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie 1862, Band CXV. besonders abgedruckt.
Preis 8 Sgr.

Elemente
der
UNTERSEEISCHEN TELEGRAPHIE.
Nach dem Französischen
des
A. Delamarche
frei bearbeitet und nach eigener Erfahrung mit Anmerkungen versehen
von
C. Viechelmann.
Mit einem Anhange: Die Kabellegungen im Mittelmeere.
Mit einer lithographirten Tafel und 3 in den Text gedruckten Holzschnitten.
Preis 24 Sgr.

Werner Siemens (de Berlin), ancien Officier d'Artillerie, **Mémoire sur la Télégraphie électrique.** Suivi du Rapport fait sur ce mémoire à l'académie des sciences de Paris, dans sa séance du 29 avril 1850. *Preis 10 Sgr.*

Werner Siemens, Kurze Darstellung der an den preussischen **Telegraphen-Linien** mit unterirdischen Leitungen bis bis jetzt gemachten Erfahrungen. 1851. *Preis 8 Sgr.*

Druck von C. Grumbach in Leipzig.

3/II

Schwaighofer

Bayerische StaatsBibliothek

Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Dub, Julius,

Die Anwendung des Elektromagnetismus mit besonderer Berücksichtigung der neueren Telegraphie und den in der deutschen Telegraphenverwaltung bestehenden technischen Einrichtungen

Berlin 1873

Phys.sp. 186 uc
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11163895-4